

Державний комітет України по водному господарству



**ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО  
ПОПОВНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД.  
ПІДЗЕМНІ ВОДОСХОВИЩА**

**Посібник до ВБН 46/33-2.5-5-96 “Сільськогосподарське  
водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми  
проектування”**

**КИЇВ 2005**

**Державний комітет України по водному господарству**

**ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ШТУЧНОГО  
ПОПОВНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД.  
ПІДЗЕМНІ ВОДОСХОВИЩА**

**Посібник до ВБН 46/33-2.5-5-96 “Сільськогосподарське  
водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми  
проектування”**

**КИЇВ 2005**

## ПЕРЕДМОВА

Розроблений

ВАТ Український головний проектно-розвідувальний та науково-дослідний інститут меліоративного і водогосподарського будівництва "Укрводпроект" (Дупляк В.Д., к.т.н., проф., акад. АБУ - керівник; Аліферов А.М., Новосельський Ф.А., к.г.-м.н.— відповідальні виконавці)

Схвалений

секцією “ Науково-технічного забезпечення, проектних та будівельних робіт” науково-технічної ради Держводгоспу України (протокол №3 від 15 березня 2005 року)

Внесений

Науково-технічним відділом ВАТ “Укрводпроект”

Затверджений

Наказом ВАТ “Укрводпроект”

від 22 березня 2005 р.

№ 11-0

та введений в дію з 1 квітня 2005 р.

Введений вперше

## **ВСТУП**

Посібник “Проектування систем штучного поповнення підземних вод. Підземні водосховища” розроблено в розвиток ВБН 46/33-2.5-5-96 “Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми проектування”, які затверджені Мінсільгоспродом України і Держводгоспом України та введені в дію 1 січня 1997 р.

Викладено особливості вишукувань, проектування, будівництва нових і реконструкції наявних систем штучного поповнення підземних вод.

В Посібнику розглядаються загальні питання і завдання проектування штучного поповнення підземних вод, типи і конструкції інфільтраційних споруд і методи їх розрахунку, водозабірні (каптажні) споруди і особливості їх розрахунку в системах ШППВ, методи прогнозу якості води, яка формується внаслідок взаємодії інфільтраційних (поверхневих) вод з природними підземними водами, висвітлюються питання вишукувань і досліджень для обґрунтування проектів систем ШППВ.

Посібник складений на підставі узагальнення вітчизняного та закордонного досвіду та наукових досліджень, виконаних по даній проблемі.

Посібник призначений для застосування проектними, вишукувальними і виробничими організаціями при вирішенні проблем господарсько-питного, промислового, сільськогосподарського водопостачання, захисту підземних вод від вичерпання та забруднення, розробці проектів комплексного використання водних ресурсів.

Терміни та визначення, прийняті в цьому Посібнику, наведено в додатку А, основні літерні позначення – в додатку Б. Перелік посилань на нормативні документи наведено в додатку В.

## **1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ**

### **1.1 Призначення, суть методу штучного поповнення підземних вод (ШППВ) і умови його застосування**

1.1.1 Суть методу ШППВ полягає в переведенні поверхневої води в підземні водоносні горизонти через спеціально влаштовані інфільтраційні споруди або природні зниження рельєфу (басейни, канали та ін.).

Як джерело штучного поповнення запасів підземних вод можуть бути використані поверхневі води річок, водосховищ, озер, каналів, а в окремих випадках також шахтні та дренажні води і деякі інші види незабруднених стічних вод. Джерелом поповнення водоносного горизонту може слугувати також другий водоносний горизонт.

На одному і тому ж об'єкті залежно від пори року для поповнення може використовуватись постійний і тимчасовий поверхневий стік.

1.1.2 ШППВ – комплекс інженерних заходів для переведення поверхневого (підземного) стоку у підземні горизонти з його очищенням і подальшим використанням.

Застосування ШППВ дає можливість:

- створити нові підземні водозабори;
- підвищити продуктивність діючих підземних водозаборів;
- усунути процеси вичерпання ресурсів підземних вод;
- повністю або частково виключити будівництво очисних споруд і, відповідно, їх експлуатацію в системі водопостачання;
- одержати воду зі сталим температурним режимом і сталими якісними показниками;

- захистити водоносні горизонти, які експлуатуються, від інгресії засолених та забруднених вод;
- усунути безповоротні витрати води на випаровування порівняно з поверхневими джерелами водопостачання;
- підвищити надійність джерел водопостачання у випадку надзвичайних ситуацій.

Характеристика систем ШППВ наведена в таблиці 1.1.

1.1.3. Найсприятливіші умови для ШППВ спостерігаються в районах з теплим та помірним кліматом, при використанні озер та річок як джерел поповнення, які мають достатній стік впродовж року і потрібну якість води, при експлуатації безнапірного водоносного горизонту, складеного добре проникними породами (якщо виключена можливість його забруднення), при малих потужностях покривних слабопроникних відкладів та відсутності в водоносному горизонті витриманих прошарків слабопроникних ґрунтів.

Доцільність застосування методу ШППВ з урахуванням перелічених факторів установлюється на підставі техніко-економічних розрахунків.

1.1.4 Підземні водосховища (ПВ) – це природна або штучно створена ємкість у гірських породах з комплексом інженерних споруд, достатніх для сезонного та багаторічного регулювання поверхневих (підземних) водних ресурсів.

1.1.5 Створення підземних водосховищ дасть змогу:

- регулювати і перерозподіляти водні ресурси;
- збільшити експлуатаційні ресурси діючих і перспективних водозаборів;
- порівняно з поверхневим джерелом водопостачання підвищити надійність водозабору;
- поліпшити якість води, яка споживається;
- звести до мінімуму площу відчуження земель при створенні нових джерел водопостачання;
- підвищити захищеність джерела водопостачання від зовнішніх впливів, у тому числі у випадку надзвичайних ситуацій;
- скоротити до мінімуму безповоротні витрати води на випаровування, що має особливе значення у посушливих районах і при обмежених водних ресурсах.

Штучне поповнення підземних вод може використовуватись як при поповненні природних ґрунтових потоків та геологічних структур (ПВ), так і при штучних інженерних заходах.

Принципову схему системи штучного поповнення підземних вод наведено на рисунку 1.1.

## **1.2 Принципові схеми ШППВ**

1.2.1 Принципові схеми ШППВ визначаються головним чином природними умовами, а також особливостями експлуатації водоносних горизонтів.

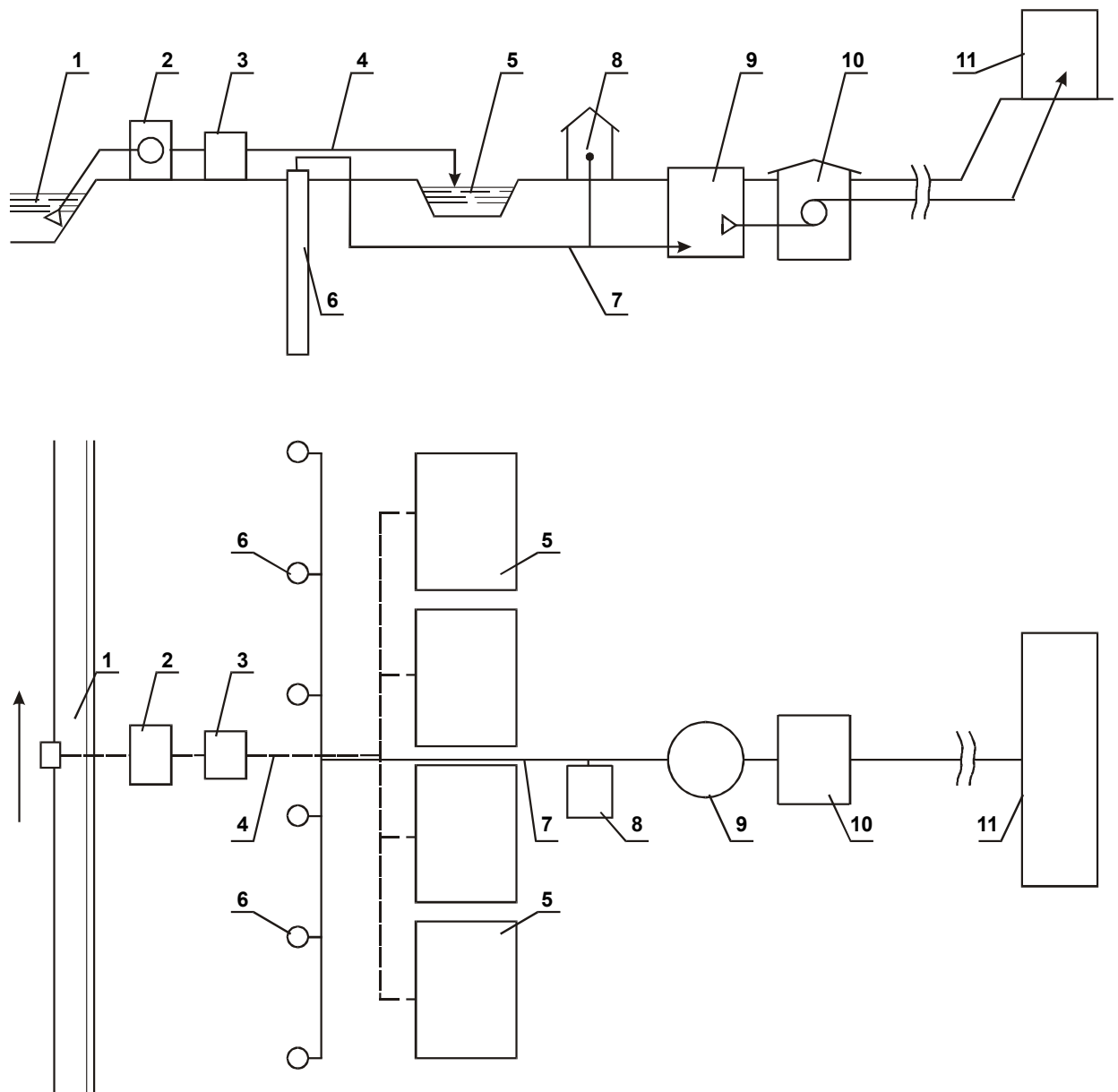


Рисунок 1.1 – Принципова схема системи штучного поповнення підземних вод:

1 – джерело поповнення; 2 – насосна станція першого підйому; 3 – споруди попереднього очищення підземних вод; 4 – водовід; 5 – інфільтраційні споруди; 6 – водозабір підземних вод; 7 – напірний водовід; 8 – установка для знезараження води; 9 – резервуар чистої води; 10 – насосна станція другого підйому; 11 – споживач

Виділяються два типи систем ШППВ:

- Безнапірні відкриті системи. Поповнення верхнього безнапірного водоносного горизонту шляхом подачі сирі води у відкриті інфільтраційні споруди через штучні або природні фільтри;
- Напірні закриті системи. Поповнення водоносних горизонтів, ізольованих від поверхні практично водонепроникними ґрунтами значної потужності або водоносними відкладами, які містять безнапірні підземні води і відокремлені від основного експлуатованого шару слабопроникним шаром. Поповнення запасів в цій схемі здійснюється закритими інфільтраційними спорудами (свердловини, шахтні колодязі, галереї, променеві водозабори).

Проміжним між двома попередніми є комбінований метод. Він застосовується у разі наявності відкритої фільтрувальної поверхні, відокремленої від основного водоносного горизонту шаром водонепроникних порід (глини, важкі суглинки).

1.2.2 Класифікацію систем ШППВ наведено в таблиці 1.1.

1.2.3 На рисунку 1.2 представлена найпоширеніша типова схема. На рисунку 1.3 наведено схеми підземних водосховищ, які влаштовуються за наявності природних водонепроникних виступів, які обгороджують поповнюваний горизонт (рисунк 1.3, а) або штучно створюваних непроникних завіс-діафрагм, стінок у ґрунті (рисунк 1.3, б).

На рисунку 1.4 відображено випадок створення шляхом інфільтрації лінз прісних вод у водоносних горизонтах, які містять підземні води підвищеної мінералізації. Така схема є характерною для умов аридних областей.

Відбирання води з лінз здійснюється за допомогою свердловин. Одночасно з відкачуванням прісних вод відкачуються солоні води (щоб уникнути підтягування їх в свердловини, призначені для відбирання прісних вод).

1.2.4 При реалізації другої схеми ШППВ як інфільтраційні споруди в більшості випадків використовуються свердловини (або колодязі). Можна виділяти власне вбирні свердловини, які забезпечують безпосереднє надходження сирі води після відповідної підготовки у водоносний шар, що експлуатується (рисунк 1.5).

В багатьох випадках свердловини (і колодязі) мають характер дренажно-вбирних. Цими свердловинами дренуються верхні горизонти, які не експлуатуються, води яких переводяться в нижчі водоносні горизонти, які експлуатуються.

Верхній водоносний горизонт при цьому може поповнюватися за рахунок фільтрації річкових вод (рисунк 1.6) або з відкритих інфільтраційних споруд (рисунк 1.7).



Таблиця 1.1 – Класифікація систем ШППВ

Розпізнавальні ознаки	Характеристики
1. За призначенням	Водопостачання, зрошення земель, водоохоронні та природоохоронні заходи
2. Масштабність завдань, що вирішуються	Регіон, річковий басейн, геоморфологічна структура, адміністративна територія (місто, селище промислове та сільськогосподарське підприємство), окремі об'єкти
3. Геоструктурні, геологічні, гідрогеологічні умови	Сучасна річкова долина, похована річкова долина, артезіанський басейн, міжгірська западина, конус вивносу передгірського шельфу, масиви тріщинуватокарстових порід, піщано-фоновий масив
4. Джерела поповнення	Річки, озера, канали, водосховища, ставки, підземні води, технологічні скидні води
5. Режим регулювання	Добове, тижневе, декадне, місячне, сезонне, річне, багаторічне
6. Метод поповнення	Безнапірна інфільтрація, напірна інфільтрація, комбінована система
7. Способи попередньої водопідготовки	Без водопідготовки, відстоювання води, повільні фільтри, заходи для видалення окремих забруднень, повний комплекс водопідготовки на очисних спорудах
8. Капітальність основних споруд	Капітальний тип, спрощені споруди
9. Спосіб створення водорегулювальної ємкості	Використання наявних зон аерації, створення нових зон активного водообміну, створення підземних бар'єрів, використання існуючих і створення нових підземних виїмок
10. По виду спрацювання штучної ємкості	Повне спрацювання, спрацювання об'ємів у межах штучно створених запасів підземних вод, часткове спрацювання штучно створених запасів підземних і природних вод
11. Рівень захищеності водоносного горизонту	Захищені, частково захищені, не захищені
12. Площа впливу дії підземного водосховища км <sup>2</sup>	Дуже великі > 100; великі від 100 до 10; середні від 10 до 1,0; малі < 1,0
13. Корисний об'єм водосховища, 10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	Дуже великі > 1000; великі від 1000 до 100; середні від 100 до 10; малі від 10 до 1,0; дуже малі < 1,0

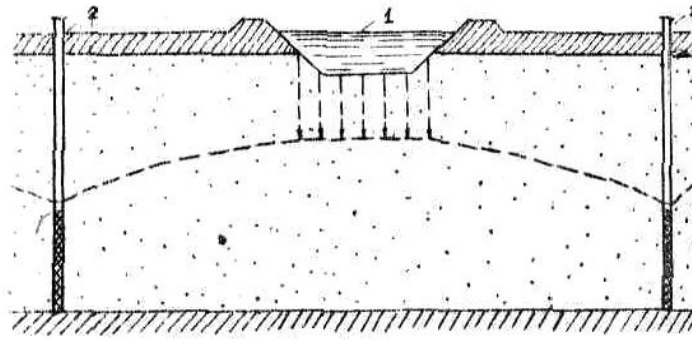


Рисунок 1.2 – Схема штучного поповнення з відкритими інфільтраційними спорудами:  
1 – басейн; 2 – водозабірна свердловина

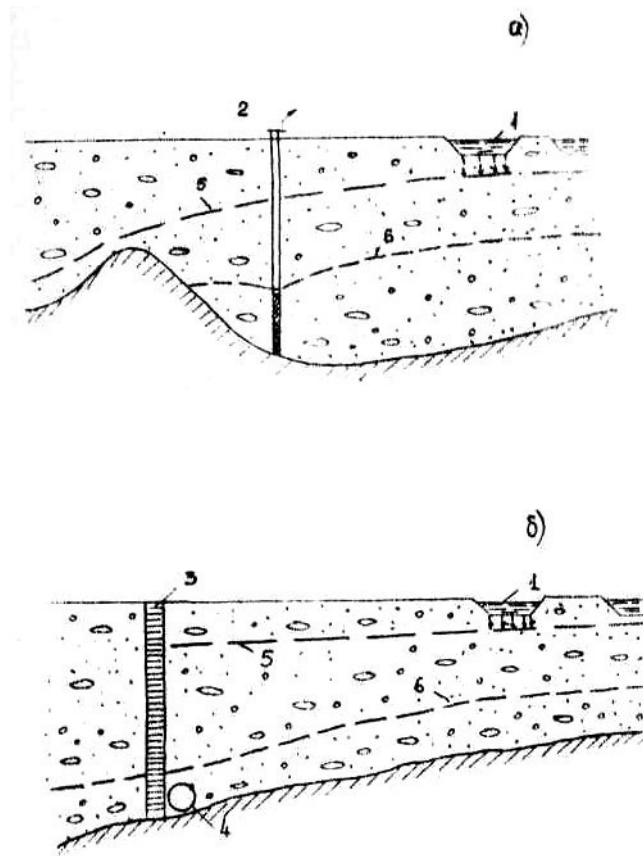


Рисунок 1.3 – Схеми підземних водосховищ:  
а) відгороджене природним водонепроникним масивом; б) з підземною греблею;  
1 – басейн; 2 – водозабірна свердловина; 3 – діафрагма; 4 – водозабірна галерея; 5, 6 – рівні  
грунтових вод при повному заповненні та спрацюванні водосховища

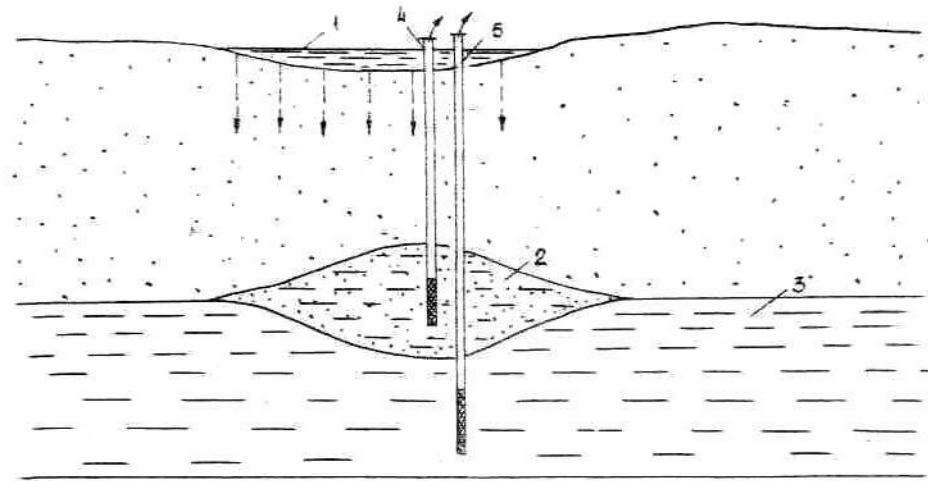


Рисунок 1.4 – Схема створення та використання лінз підземних вод:  
1 – под; 2 – лінза прісної води; 3 – солоні води; 4 – водозабір; 5 – свердловина, яка відкачує солону воду

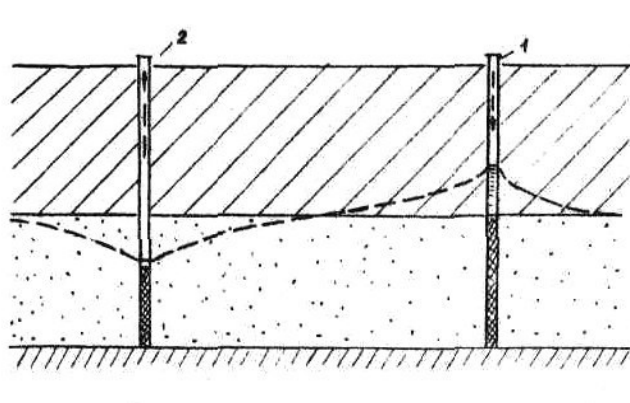


Рисунок 1.5 – Схема штучного поповнення з вбирними свердловинами:  
1 – вбирна свердловина; 2 – водозабірна свердловина

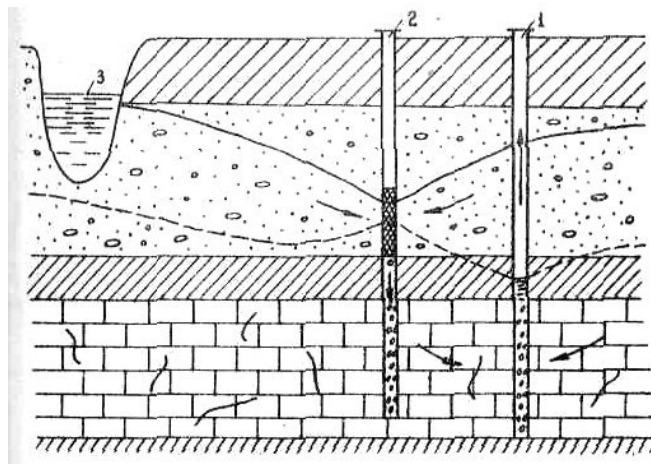


Рисунок 1.6 – Схема штучного поповнення нижнього (експлуатованого) водоносного горизонту за рахунок верхнього (в який відбувається фільтрація з річки):  
1 – водозабірна свердловина; 2 – дренажна вбирна свердловина; 3 - річка

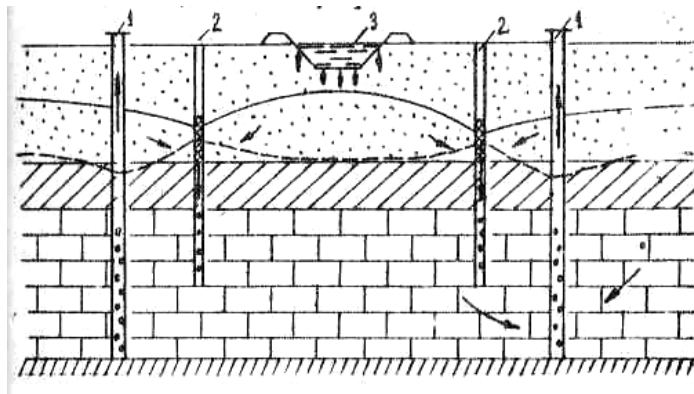


Рисунок 1.7 - Схема штучного поповнення нижнього (експлуатованого) водоносного горизонту за рахунок верхнього, в який відбувається фільтрація з річки, зі збагаченням верхнього водоносного горизонту через відкриті інфільтраційні споруди:

1 – водозабірні свердловина; 2 – дренажно-вбирна свердловина; 3 - басейн

Зазначені схеми можуть бути застосовані на практиці, якщо виключена можливість забруднення верхнього водоносного горизонту, який використовується для поповнення.

1.2.5 Компонування споруд в системах ШППВ залежить від місцевих умов (віддаленості джерела поповнення, топографії ділянки, якості сирової води тощо).

Основним завданням при проектуванні є вибір оптимального варіанту компонування споруд, який забезпечує найбільшу ефективність штучного поповнення.

### 1.3 Склад споруд в системах ШППВ

1.3.1 ШППВ здійснюється системою споруд і пристроїв, в яку в загальному випадку входять (рисунок 1.1): споруди для забирання води з джерела поповнення, попередньої підготовки води, подачі її на інфільтраційні споруди; інфільтраційні споруди; водозабірні споруди (каптажні) споруди; резервуари чистої води; споруди подальшої її обробки; насосні станції другого підйому; мережі та комунікації, які поєднують споруди в єдину систему, контрольно-вимірювальне та регуляційне обладнання на ній.

Споруди попередньої та подальшої обробки включають в системи ШППВ при відповідному обґрунтуванні залежно від якості води в джерелі поповнення, з урахуванням її зміни на шляху від інфільтраційних споруд до каптажних.

1.3.2 Забирання води з джерела поповнення здійснюється звичайно насосами, рідше сифонним або самопливним способами.

Вода подається на інфільтрацію по напірних або безнапірних трубопроводах чи по відкритих каналах, що в кожному конкретному випадку визначається рельєфом місцевості, складом споруд системи ШППВ, їх розміщенням та положенням робочих рівнів води в джерелі поповнення та інфільтраційних споруд.

1.3.3 Склад споруд попередньої підготовки води перед подачею її на інфільтрацію встановлюється залежно від характеру і ступеня забруднення джерела поповнення, а також від типу, конструкції та особливостей експлуатації інфільтраційних споруд.

Попередня підготовка води може здійснюватися методами аерації, коагулювання, відстоювання, мікрофільтрації, фільтрування на швидких фільтрах, вапнування, хлорування тощо.

Конструкції споруд попередньої підготовки води в багатьох випадках не відрізняються від аналогічних споруд, які застосовуються на водопровідних станціях. Певну специфіку мають в ряді випадків лише відстійники і аераційні пристрої, що застосовуються особливо часто.

1.3.4 Інфільтраційні споруди систем ШППВ поділяються на два основні типи: відкриті (басейни, канали, ділянки та ін.) і закриті (свердловини, колодязі, галереї).

Доцільність застосування інфільтраційних споруд того чи іншого типу визначається кліматичними, геолого-гідрогеологічними умовами ділянки, гідрологічною характеристикою джерела поповнення, наявністю вільних площ і цілями поповнення.

Системи ШППВ можуть містити в своєму складі інфільтраційні споруди різних типів.

Інфільтраційні споруди можуть бути безперервної та періодичної дії. Споруди безперервної дії застосовують, якщо потрібно подавати воду споживачеві впродовж року і у разі відсутності у водоносному шарі ємностей, достатніх для сезонного і багаторічного регулювання.

Споруди періодичної дії слід застосовувати у випадку, коли поверхнєве джерело забезпечує подачу води в необхідній кількості та необхідної якості лише в окремі періоди року (через пересихання, промерзання, великий вміст завислих речовин під час повені та інші умови) і коли є можливість створення у водоносній товщі достатньої регулюючої ємності.

1.3.5 Каптажні пристрої, водоводи, резервуари чистої води і насосні станції систем ШППВ не відрізняються від аналогічних споруд звичайних водозаборів і, зокрема, так званих інфільтраційних (берегових, підруслових) водозаборів підземних вод.

Як каптажні споруди звичайно використовуються свердловини; можливе також застосування галерей, шахтних колодязів, променевих водозаборів.

Водовідбір в системах ШППВ може здійснюватися сифонним способом, за допомогою заглиблених насосів або насосами з горизонтальним валом, розміщеним над рівнем ґрунтових вод.

При каптажі за допомогою галерей підземні води самопливом надходять у збирний колодязь, з якого по самопливному або напірному водоводу подаються до споживача.

1.3.6 Пристрій для подальшої обробки води, яка надходить з каптажних споруд (там, де в цьому виникає потреба), наприклад, для знезалізнення, фторування, зм'якшення, знезаражування та ін., розміщують звичайно в будівлі насосної станції або біля неї.

## **1.4 Основні завдання проектування**

1.4.1 Основними завданнями проектування систем ШППВ є: вибір схеми, складу споруд та їх компонування, розрахунок і проектування всього комплексу споруд і при-

строїв, прогноз якості підземних вод, які надходять до водозабору, складання проекту зони санітарної охорони, техніко-економічне порівнювання варіантів і складання детального кошторису на будівельні та експлуатаційні витрати за прийнятим варіантом.

1.4.2 Споруди для забирання води з поверхневого джерела і подача її на інфільтрацію, резервуари чистої води, насосні станції другого підйому і напірні водоводи, споруди попередньої та подальшої обробки води проектується так само, як відповідні споруди в звичайних системах господарсько-питного промислового і сільськогосподарського водопостачання відповідно до СНиП 2.04.02 (пп. 5, 6, 7, 8, 9) та ВБН 46/33-2.5-5 (пп. 6, 7, 8, 9, 10).

1.4.3 Специфічною особливістю проектування систем ШППВ є розрахунок продуктивності водозаборів і зниження (або підняття) рівнів у зоні їх впливу з урахуванням надходження води з інфільтраційних споруд.

1.4.4 Якість води джерела поповнення повинна бути такою, щоб після її підготовки і змішування з підземними водами горизонту, що експлуатується, вона задовольняла вимогам чинних норм і стандартів для господарсько-питних вод – вимогам ГОСТ 2761 і ГОСТ 2874.

## **1.5 Стадії проектування**

1.5.1 Вивчення проблеми ШППВ і розробка технічної документації повинна здійснюватися постадійно згідно з ДБН А.2.2-3:

- передпроектна стадія: ескізний проект, науково-технічне обґрунтування;
- проектна стадія: техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) інвестицій, проект (П), робочий проект, робоча документація (РД).

У випадках погодження ескізного проекту або ТЕО інвестицій може розроблятися робочий проект, а при їх затвердженні – робоча документація.

1.5.2 Стадії проектування визначаються замовником (інвестором) спільно з проєктувальником залежно від розмірів території, що вивчається, складності водогосподарських, геологічних, гідрогеологічних, гідрологічних, екологічних умов, наявності матеріалів попередніх досліджень, вартості будівництва об'єкта.

1.5.3 Ескізний проект повинен розроблятися на підставі наявних матеріалів і визначає та обґрунтовує основні положення водогосподарської необхідності, технічної можливості та економічної доцільності вивчення проблеми ШППВ для вирішення водогосподарських і природоохоронних завдань на певних територіях і окремих об'єктах.

Ескізний проект є вихідним матеріалом для обґрунтування та планування науково-дослідних і проектно-вишукувальних робіт на подальших стадіях.

Ескізний проект розробляється як для значних територій і водоспоживачів, так і для окремих локальних об'єктів.

1.5.4 Техніко-економічне обґрунтування інвестицій ШППВ потрібно розробляти для окремих територій, зон та індивідуальних об'єктів зі складними природними (гідрогеологічними, інженерно-геологічними, гідрологічними, водогосподарськими тощо) умова-

ми у випадку відсутності або недостатності матеріалів попередніх дослідних, вишукувальних та проектних робіт.

У ТЕО слід розробляти альтернативні варіанти технічних рішень, здійснюється їх техніко-економічний аналіз, обґрунтовуються основні технічні рішення, виділяються першочергові об'єкти будівництва, визначаються основні техніко-економічні показники і ресурси, необхідні для реалізації об'єктів, які проектуються.

1.5.5 Проект на будівництво системи ШППВ слід розробляти для окремих складних об'єктів, якщо є потреба у поглибленому вивченні вихідних (гідрогеологічних, інженерно-геологічних, гідрологічних) даних і детальному обґрунтуванні техніко-економічних рішень. Необхідність розробки проектної документації на стадії проекту визначається на підставі докладного вивчення матеріалів попередніх робіт.

На стадії проекту повинні бути вирішені всі основні завдання по вибору джерела поповнення і ділянки розташування споруд системи ШППВ, типів, схем та конструкцій споруд, визначенню продуктивності інфільтраційних і водозабірних споруд, а також режиму їх експлуатації, організації зон санітарної охорони і т. д. В проекті визначаються будівельні і експлуатаційні витрати по спорудженню системи ШППВ.

Слід враховувати, що будівельна вартість і експлуатаційні витрати визначені на стадії техно-робочого проектування не повинні перевищувати аналогічних показників, отриманих на стадії ТЕО.

У разі потреби проекту може передувати проведення дослідних робіт на дослідно-виробничій установці. Одержані матеріали досліджень закладаються в основу проектних рішень. При реалізації проекту ШППВ дослідно-виробнича установка повинна входити до комплексу системи.

Величину дефіциту води, який повинен покриватися за рахунок ШППВ, слід визначати на попередніх стадіях вивчення проблеми або перед початком розробки проекту.

1.5.6 Робочий проект системи ШППВ розробляється для відносно простих і технічно нескладних об'єктів.

1.5.7 Робоча документація (робочі креслення) розробляється після затвердження попередньої стадії проектування. Вони є документом, на підставі якого здійснюється виконання будівельно-монтажних робіт.

## **1.6 Порядок розробки та погодження проектної документації**

1.6.1 Проектування об'єктів ШППВ здійснюється на підставі завдання, затвердженого замовником з додержанням чинного законодавства України та нормативних документів.

Вихідні дані, необхідні для виконання робіт на відповідній стадії, замовник зобов'язаний видати до початку проектних робіт.

1.6.2 Проектні та проектно-вишукувальні роботи виконуються на підставі договорів (контрактів), укладених між замовником і проектувальником.

1.6.3 Для обґрунтування проектів систем ШППВ повинні виконуватися комплексні гідрологічні, геологічні, гідрогеологічні вишукування. Склад, об'єм і детальність вишукувальних робіт в кожному конкретному випадку визначається ступенню складності природних умов району розміщення споруд систем ШППВ, гідрогеологічною і гідрологічною вивченістю району, розміром водоспоживання і стадією проектування.

1.6.4 При розробленні проектної документації за дорученням замовника можуть виконуватися науково-дослідні роботи відповідно до складеної проектувальником програми за окрему плату.

1.6.5 Проекти систем ШППВ повинні бути погоджені з органами санітарного нагляду Міністерства охорони здоров'я України і організаціями, які виконують контроль за використанням та охороною поверхневих і підземних вод, Державного комітету України по водному господарству і Державного комітету природних ресурсів України, а також місцевими державними органами Міністерства охорони навколишнього природного середовища України.

## **2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ШППВ**

### **2.1 Основні положення методики проектування**

2.1.1 При проектуванні систем ШППВ повинні вирішуватися такі основні завдання:

а) вибір раціональних типів, конструкцій, схем розміщення водозаборів з урахуванням гідрогеологічних умов, а також передбачуваних інфільтраційних споруд і режим їх роботи;

б) оцінка продуктивності водозаборів в умовах їх взаємодії з інфільтраційними спорудами;

в) оцінка витрат сирової води, яку необхідно подати на поповнення підземних вод для досягнення заданої продуктивності водозаборів;

г) визначення коефіцієнта корисної дії інфільтраційних споруд і загальної гідродинамічної ефективності проектованої системи ШППВ;

д) оцінка можливого впливу проектованих водозаборів на діючі водозабори, а також також на поверхневі водні джерела.

2.1.2 Об'єм заходів щодо ШППВ передбачається виходячи з необхідної додаткової кількості води  $Q_{\delta_0}$ , яка повинна забезпечуватися фільтрацією  $Q_{\delta}$  з штучних споруд (базейнів, каналів і т.д.).

При цьому

$$Q_{\delta_0} = \eta Q_{\delta}, \quad (2.1)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт корисної дії інфільтраційних споруд.

Тип інфільтраційних споруд, необхідних для забезпечення потрібного дебіту водозабору, призначається виходячи з гідрогеологічних умов ділянки, глибин залягання водо-



носного шару, положення рівнів підземних вод, потужності та будови зони аерації, якості і особливо каламутності в джерелі поповнення.

2.1.3 Розміщення водозаборів у плані слід приймати виходячи з умов забезпечення найефективнішої їх взаємодії з інфільтраційними басейнами і каналами (або іншими штучними спорудами для інфільтраційного живлення водоносного горизонту), а в берегових водозаборах – і з поверхневими водотоками і водоймами. Звичайно водозабори розміщують по лініях, паралельних інфільтраційним спорудам і руслам поверхневих водотоків і водойм. Водозабірні споруди можуть влаштовувати як нижче інфільтраційних басейнів по потоку підземних вод, так і вище басейнів.

У першому випадку водозабір найповніше використовує інфільтраційні води і лише частково – природну витрату підземного потоку. В другому випадку природна витрата потоку перехоплюється водозабором майже повністю, а інфільтраційні води – частково.

Відстань між водозабірними свердловинами та інфільтраційними басейнами встановлюється по можливості мінімальною, але такою, щоб тривалість фільтрації сирової води з басейну до водозабірних свердловин була достатньою для очищення води від бактеріального та інших видів забруднення і забезпечення потрібної якості води в водозаборах з урахуванням можливого змішування інфільтраційної води з природними водами експлуатаційного шару. Звичайно на практиці зазначені відстані приймаються рівними 50-200 м.

Часто як інфільтраційні споруди в долинах річок можуть бути використані висохлі озера, староріччя, протоки і т.д.

Місце розміщення водозабірних свердловин у цьому випадку повинно встановлюватися з урахуванням конфігурації зазначених природних знижень, а водозабори підземних вод можуть включати в себе, як в системах зі штучними інфільтраційними спорудами, групи взаємодіючих свердловин, лінійний ряд або систему рядів експлуатаційних свердловин.

2.1.4. Основними показниками, які визначають гідродинамічну ефективність роботи водозабірних та інфільтраційних споруд в системах ШППВ, є: коефіцієнт корисної дії інфільтраційних споруд  $\eta$  і коефіцієнт ефективності поповнення  $\xi$ .

Параметр  $\eta$  виражає відношення витрати води, яка додатково надходить до водозабору при роботі інфільтраційних басейнів, до середньої загальної витрати поданої в них сирової води, тобто

$$\eta = \frac{Q_{\delta_e}}{Q_{\delta}}, \quad (2.2)$$

де  $Q_{\delta_e}$  - витрата, додатково залучена водозабором в умовах поповнення ;

$Q_{\delta}$  - середня подача води на поповнення.

Параметр  $\xi$  визначає загальну ефективність заходів по ШППВ. Чисельно цей коефіцієнт дорівнює відношенню витрати води, додатково одержаної водозабором при поповненні, до загальної витрати водозабірної споруди в цих умовах.

$$\xi = \frac{Q_{\text{в}} - Q}{Q_{\text{в}}} = \frac{Q_{\text{в}}}{Q_{\text{в}}}, \quad (2.3)$$

де  $Q$  – дебіт водозабору без штучного поповнення;

$Q_{\text{в}}$  – дебіт водозабору в умовах поповнення.

2.1.5 На першому етапі вивчення проблеми основними вихідними даними є величина і графік водоспоживання, вимоги до якості води, гідрогеологічні, гідрологічні та водогосподарські умови. Для отримання цих даних слід використовувати наявні матеріали та результати обстежень на місцях.

При позитивних висновках на першому етапі роботи щодо можливості та техніко-економічної доцільності створення систем ШППВ виконується наступний етап вишукувальних, дослідних і проектних робіт залежно від складності природних і техніко-економічних умов, потужності проєктованих водозаборів та ін. на території, що вивчається.

2.1.6 При проєктуванні систем ШППВ їх продуктивність слід визначати величиною дефіциту води на певні розрахункові періоди. У разі наявності кількох різних водоспоживачів (водопостачання питне, промислове, технологічне, зрошення) повинен надаватися графік водоспоживання кожного з перспективних водоспоживачів і вимоги до якості води для кожного з них.

2.1.7 Величина дефіциту води на задані періоди визначається в спеціальних водогосподарських схемах на підставі воднобалансових розрахунків. У випадку відсутності цих даних у програму робіт з розробки проєкту ШППВ повинні включатися роботи для визначення величини дефіциту на відповідні розрахункові періоди.

2.1.8 На передпроектних стадіях вивчення проблеми ШППВ у разі потреби може виникнути зворотне завдання – визначення можливої продуктивності системи, виходячи з конкретних гідрогеологічних, інженерно-геологічних, гідрологічних та водогосподарських умов певної території.

2.1.9 При проєктуванні систем ШППВ розрізняється продуктивність річна, за інфільтраційний цикл, сезон, місяць, добу, секунду.

2.1.10 На попередніх стадіях проєктування значення  $\eta$  приймається наближено для систем з басейнами капітального типу – 0,85-0,95, спрощеного типу – 0,8-0,9, при затопленні річкових долин – 0,6-0,8. Менші значення при інших рівнозначних умовах слід приймати для об'єктів у аридних районах, на ділянках з недостатнім вивченням гідрогеологічних умов.

## 2.2 Вибір і обґрунтування технічної схеми ШППВ

2.2.1 При розробці технічної схеми системи ШППВ, її планово-висотного розміщення необхідно враховувати такі визначальні фактори:

– гідрогеологічні умови, які характеризуються наявністю сучасної підземної ємкості або тієї, що прогнозується (при спрацюванні водоносного горизонту), потужністю зони аерації, якістю підземних вод;

- інженерно-геологічні умови досліджуваної території і, в першу чергу, потужність пухких покривних відкладів, наявність виходів на денну поверхню водопроникних порід, їх геотехнічні та фільтраційні характеристики. Ці фактори значною мірою визначають розміщення основних фільтраційних споруд та їх вартість;

- наявність площ з малоцінними земельними угіддями, які можуть бути відведені під будівництво інфільтраційних споруд (басейнів, площадок тощо);

- геоморфологічні умови, які значною мірою визначають тип інфільтраційних споруд, їх взаєморозміщення у плані та по висоті, основні розміри і форму.

Оцінку геоморфологічних умов стосовно завдань ШППВ на передпроектних стадіях вивчення проблеми слід виконувати на планшетах масштабу 1:25000, 1:10000. На подальших стадіях виконується топографічна зйомка у масштабі 1:5000-1:1000. Масштаб зйомки приймається залежно від стадії проектування, конкретних топографічних умов, складності геологічної будови території, розмірів території, на якій розміщується система поповнення;

- планове і висотне розміщення джерел поповнення, їх гідрологічна характеристика. Оптимальними є умови, коли джерело поповнення та інфільтраційні споруди розміщені поряд, а водоподача на інфільтраційні споруди відбувається самопливом;

- місцерозміщення водоспоживачів стосовно місця поповнення, що визначає величину капіталовкладень у будівництво і експлуатацію водоводів, доріг, комунікацій тощо;

- наявність діючих комунікацій (доріг, ЛЕП ЛЕЗ), які можуть бути використані при будівництві та експлуатації систем поповнення;

- наявність і характеристика населених пунктів, які можуть бути використані при будівництві та експлуатації системи поповнення;

- розміщення наявних і потенційних джерел забруднення підземних вод (промислові та сільськогосподарські об'єкти, міські та сільські населені пункти);

- наявність зрошувальних і осушувальних систем, здатних впливати на роботу систем поповнення.

2.2.2 Метод поповнення, технічна та технологічна схеми вибираються на підставі вивчення і системного аналізу наведених вище факторів.

У сучасній практиці переважна більшість діючих об'єктів поповнення (від 70 % до 80 %) являє собою відкриті безнапірні інфільтраційні системи, що обумовлюється простою конструкції і високими техніко-економічними показниками.

Виходячи з цього положення, насамперед потрібно вивчити можливість створення відкритих систем.

Визначальним фактором при виборі типу інфільтраційних споруд є наявність верхнього фільтрувального шару ґрунтів, який забезпечує інфільтрацію поверхневих вод у водоносний горизонт, що експлуатується. У разі наявності з поверхні водонепроникного шару ґрунтів потужність його не повинна перевищувати 3-4 м.

2.2.3 Закритий тип систем ШППВ слід застосовувати при заляганні з поверхні водонепроникного шару порід потужністю понад 4 м. Ця величина уточнюється на підставі техніко-економічних розрахунків. Подача поверхневих вод у водоносний горизонт відбувається через свердловини, водовбирні колодязі, шурфи, галереї.

2.2.4 Комбінований спосіб поповнення необхідно застосовувати, коли верхній фільтрувальний шар ґрунтів відділяється від залягаючого нижче водоносного горизонту, що експлуатується, водонепроникним шаром ґрунтів, який перешкоджає надходженню фільтрувальних вод у залягаючий нижче водоносний горизонт, що експлуатується.

Тип системи ШППВ повинен вибиратися на підставі техніко-економічного аналізу конкуруючих варіантів.

2.2.5 У процесі експлуатації інфільтраційних споруд необхідно періодично відновлювати їх фільтраційну здатність та здатність поглинати забруднення, яка зменшується внаслідок колюматації природних або штучних фільтрів.

Боротьбу із замуленням фільтрів в системах поповнення при високій інтенсивності цього процесу слід провадити шляхом:

- припинення або зменшення водозабору з джерела поповнення в період підвищеного замулювання води;
- відстоювання води в спеціальних відстійниках. Для цього застосовують басейни, ставки, канали, які входять до системи ШППВ;
- застосування спеціальних очисних споруд (швидкі фільтри, мікрофільтри тощо).

Необхідність і способи боротьби з замуленням на інфільтраційних спорудах із застосуванням наведених вище способів повинні обґрунтовуватися при проектуванні техніко-економічними розрахунками. У разі потреби у додаткових спорудах для боротьби із замуленням фільтрів вони повинні передбачатися при обґрунтуванні технічної схеми системи ШППВ.

## **3 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВІДКРИТИХ ІНФІЛЬТРАЦІЙНИХ СПОРУД В СИСТЕМАХ ШППВ**

### **3.1 Типи та конструкція інфільтраційних басейнів**

3.1.1 Відкриті інфільтраційні споруди (басейни, канали, площадки, канави та борозди і т.д.) застосовуються, як правило, для поповнення запасів підземних вод першого від поверхні землі водоносного горизонту при відсутності або малої потужності покривних слабопроникливих відкладів.

3.1.2 Відкриті інфільтраційні споруди є найбільш придатними для районів, які характеризуються нетривалими періодами негативних температур або їх відсутністю.

Інфільтраційні басейни капітального і полегшеного типу є найбільш поширеним у практиці водопостачання типом інфільтраційних споруд у системах поповнення.

3.1.3 Тип відкритих інфільтраційних споруд визначається геологічними і топографічними особливостями ділянки їх розміщення, якістю води, яка подається на інфільтрацію, характером поверхневого стоку, що підлягає використанню, розміром наявних вільних площ і цілями поповнення.

3.1.4 Необхідна площа інфільтрації системи поповнення  $F_{за}$  визначається за формулою

$$F = \frac{Q_d}{\nu}, \quad (3.1)$$

де  $Q_d$  – добова середньорічна подача води на інфільтрацію, тис.м<sup>3</sup>;

$$Q_d = Q_o + Q_v, \quad (3.2)$$

$Q_o$  – добова продуктивність водозабору системи ШППВ, тис.м<sup>3</sup>;

$$Q_o = \frac{W_o}{T}, \quad (3.3)$$

де  $W_o$  – річна продуктивність системи, тис.м<sup>3</sup>;

$T$  – кількість діб роботи водозабору протягом року;

$Q_v$  – добові безповоротні витрати води (випаровування в системі поповнення, перетікання води у підземному горизонті за межі впливу системи), тис.м<sup>3</sup>.

Величина витрат води на випаровування з площі водного дзеркала в системі поповнення (басейни, канали) становить незначний об'єм відносно потужності системи і нею можна знехтувати. Величина перетікання за межі впливу системи поповнення  $E$  залежить від гідрологічних умов і може бути значною. На початкових стадіях проектування вона приймається за аналогами, на завершальних стадіях – на підставі спеціальних модельних досліджень гідродинамічних процесів у водоносному горизонті або на дослідно-виробничих установках;

$\nu$  – добова швидкість інфільтрації води у басейні, м/добу. На попередніх стадіях проектування визначається за аналогами в проекті на підставі розрахунків або спеціальних натурних досліджень.

3.1.5 При планово-висотному розміщенні басейнів слід дотримати умов самопливної водоподачі від джерела поповнення до інфільтраційних басейнів, система водоподачі у басейни повинна забезпечити можливість автономного регулювання роботи басейнів без впливу на водоподачу в інші басейни.

3.1.6 Інфільтраційні басейни, як правило, слід розміщувати у добре проникних ґрунтах (піски, піщано-гравійні відклади, пористі тріщинуваті скельні і напівскельні породи). На ділянках, де верхня зона ґрунтів на глибину від 3 до 4 м має низькі фільтраційні характеристики, вони повинні бути видалені або заміщені фільтруючими ґрунтами. Дно басейнів за будь-яких умов слід розміщувати у фільтруючих ґрунтах.

3.1.7 Кількість басейнів слід визначати, виходячи з того, що мінімальна їх кількість повинна бути не менше двох за умови надійності роботи системи поповнення. Максимальна кі-

лькість басейнів практично не обмежується. У цьому випадку необхідно виходити з положення, що за інших незмінних умов, насамперед площі інфільтрації, вартість басейнів буде мінімальною при найменшій їх кількості. Це зумовлене тим, що при мінімальній кількості басейнів довжина роздільних дамб та їх вартість буде мінімальною.

3.1.8 Оптимальна форма басейнів у плані визначається характером рельєфу. При плоскому рельєфі території найбільш економічною формою буде квадрат, при розміщенні басейнів на схилах – прямокутник. Оптимальне співвідношення довжини сторін прямокутника визначається залежно від нахилу поверхні, на якій розміщується басейн, на підставі техніко-економічних розрахунків. При цьому необхідно враховувати закономірності формування купола підземних вод при поповненні та можливість підпору ґрунтових вод.

На великих установках штучного поповнення слід застосовувати басейни завширшки по дну 15-30 м і завдовжки 200-400 м. Глибина басейну залежить від геологічних, топографічних і кліматичних умов і не перевищує, звичайно, 3-4 м (частіше 1,5-2 м). За наявності слабопроникних покривних відкладів дно басейнів повинно заглиблюватися в добре фільтруючі ґрунти на глибину не менше, ніж 0,5 м. Загальна глибина басейну від дна до верху відкосу повинна перевищувати глибину його наповнення не менше, ніж на 0,5 м.

Обвалування басейнів виконується ґрунтом, витягнутим з виїмки при їх будівництві. На затоплених в період повеней ділянках висота обвалування повинна прийматися за умови запобігання проникненню в басейн повневих вод через дамби.

3.1.9 Планове розміщення басейнів, їх розміри на стадії проекту (робочого проекту) повинні бути погоджені з процесами формування рівня підземних вод з тим, щоб уникнути їх підтоплення.

Прогноз дзеркала підземних вод у зоні дії інфільтраційних басейнів найдоцільніше виконувати із застосуванням математичного моделювання.

3.1.10 Глибина води у басейні значною мірою визначає його техніко-економічні параметри: продуктивність, обсяги робіт і вартість. Оптимальна глибина басейнів визначається техніко-економічними розрахунками залежно від фільтраційної здатності басейну, обсягів і вартості робіт при різних глибинах води у ньому. Швидкість інфільтрації, в свою чергу, залежить від каламутності води, яка подається у басейн, характеристик фільтру, режиму роботи басейну, глибини води в ньому.

На передпроектних стадіях глибина води в басейнах капітального типу приймається у межах 1,5-4 м за аналогами, на проектних стадіях – визначається техніко-економічними розрахунками. Для визначення оптимальної глибини води у басейні будується графік залежності зведеної вартості  $1 \text{ м}^3$  водоподачі у водоносний горизонт від глибини води в басейні. Оптимальною буде глибина, при якій зведена вартість  $1 \text{ м}^3$  водоподачі буде мінімальною.

При визначенні глибини води у басейні необхідно, щоб об'єми виїмки ґрунту відповідали об'єму насипу дамб. За цієї умови обсяги земляних робіт будуть мінімальними.

3.1.11 Висота дамб басейнів  $H_0$  визначається за формулою

$$H_0 + H_6 + h_n + \Delta h - h_k, \quad (3.4)$$

де  $H_6$  – розрахункова глибина води у басейні, м;

$h_n$  – величина нахилу хвиль на укіс дамб басейну визначається розрахунками як для напірних споруд IV класу капітальності. При розмірах більшої сторони басейну менше 200 м значення  $h_n$  може бути прийняте 0,5 м;

$\Delta h$  – перевищення гребеню дамби над накатом хвилі приймається 0,5 м як для напірних споруд IV класу капітальності;

$h_k$  – глибина виїмки у басейні, м.

При розміщенні басейнів у заплаві річки висота дамб приймається такою, щоб басейн не був затоплений паводковими і повеневими водами.

3.1.12 Закладення укосів виїмки басейнів і насипу дамб приймається залежно від геотехнічних характеристик ґрунтів фундаменту і тіла дамб. При спорудженні дамб з легкофільтруючих ґрунтів (піски, розпушені скельні та напівскельні породи) в їх конструкції передбачаються протифільтраційні заходи (екрани, ядра тощо).

Укоси басейнів капітального типу з напірного боку кріпляться бетонними або залізобетонними плитами, на підготовці з щебеню, каміння, відсипанням крупнофракційного щебеню, гальки, гравію. Низовий укіс кріпиться сіянням багаторічних трав по шару рослинного ґрунту завтовшки 20 см.

Ширина гребеня непроїзних дамб приймається відповідно до умов виконання будівельних робіт 3 м.

Гребінь кріпиться сіянням багаторічних трав по шару рослинного ґрунту.

Для службового проїзду по гребеню дамб передбачається ґрунтова дорога шириною проїжджої частини 3 м з обочинами по 0,75 м. Загальна ширина гребеня дамби становить 4,5 м.

Дно басейнів капітального типу планується під горизонтальну площину, у разі потреби укладається піщаний фільтр.

3.1.12 Закладання укосів басейнів приймається відповідно до ДБН В.2.4-1-99 “Меліоративні системи та споруди” в межах від 1:1 до 1:3,5. Один з торцевих відкосів басейну може бути більш пологий, ніж останні. Закладання його визначається можливістю з’їздів та виїздів машин і механізмів, які будуть використовуватися для декольматації дна. Інколи з’їзди та виїзди передбачаються на поздовжніх укосах басейну. При спорудженні дамб з легкофільтруючих ґрунтів (піски, розпушені скельні та напівскельні породи) в їх конструкції передбачаються протифільтраційні заходи (екрани, ядра тощо).

Укоси басейнів капітального типу з напірного боку кріпляться бетонними або залізобетонними плитами, на підготовці зі щебеню, каміння, відсипанням великофракційного щебеню, гальки, гравію. Кріплення доводиться до відмітки, яка перевищує рівень води в басейні при його максимальному наповненні на 0,4-0,5 м. Низовий укіс кріпиться сіянням багаторічних трав по шару рослинного ґрунту завтовшки 20 см.

Ширина гребеня непроїзних дамб приймається 3 м згідно з умовами виконання будівельних робіт. Гребінь кріпиться сіянням багаторічних трав по шару рослинного ґрунту.

Для службового проїзду по гребеню дамб передбачається ґрунтова дорога шириною проїжджої частини 3 м з обочинами по 0,75 м. Загальна ширина греблі дамби становить 4,5 м.

Дно басейнів капітального типу планується під горизонтальну площину, у разі потреби укладається піщаний фільтр.

### 3.1.13 Інфільтраційні басейни можуть улаштовуватися

- без засипання дна (рисунок 3.1, а).;
- з піщаною засипкою дна (рисунок 3.1, б);
- з гравійною засипкою дна (рисунок 3.1, в);
- шляхом укладання під дном басейну дренажних труб і подальшого їх обсіпання шарами гравію і піску загальною товщиною не менше 2 м (рисунок 3.1, г).

Піщана і гравійна засипки дна передбачаються при влаштуванні басейнів в гравійно-галечникових відкладах. Товщина завантаження становить 0,5-0,8 м. Крупність зерен піщаного завантаження 0,5-2 мм, гравійного – 3-8 мм.

### 3.1.14 Подача води в фільтраційні басейни може виконуватися за такими схемами:

- а) одним або двома водовипусками, розміщеними всереді поздовжнього укосу басейну або в його торцевих укосах (рисунок 3.2, а);
- б) аераційним каскадом, який влаштовується на одному або обох поздовжніх укосах басейну (рисунок 3.2, б);
- в) розбризкувальними соплами, рівномірно розподіленими по площі дна басейну (рисунок 3.2, в).

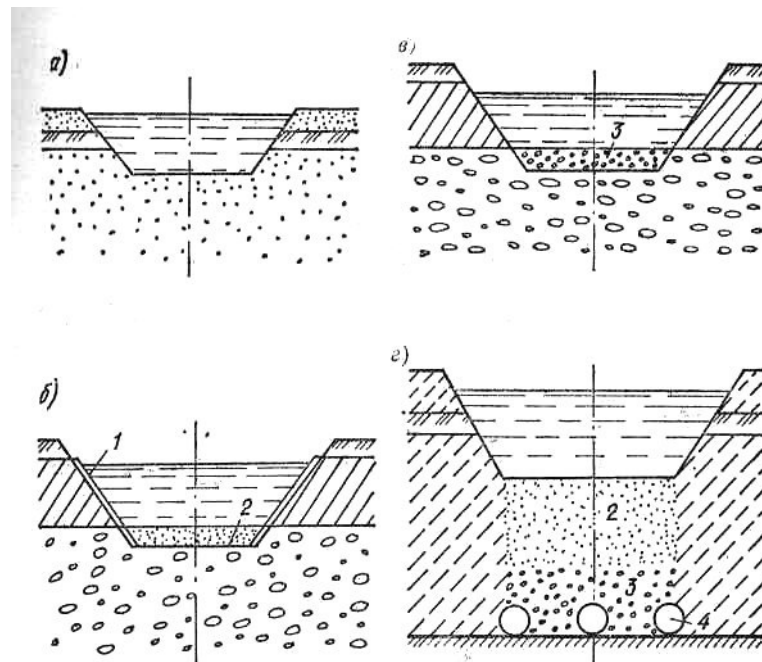


Рисунок 3.1 – Схеми інфільтраційних басейнів:

а – без завантаження дна; б – з піщаним завантаженням дна;  
в – з гравійним завантаженням; г – з дренами під дном басейну;



1 – кріплення; 2 – піщане завантаження; 3 – гравійне завантаження; 4 – дрени

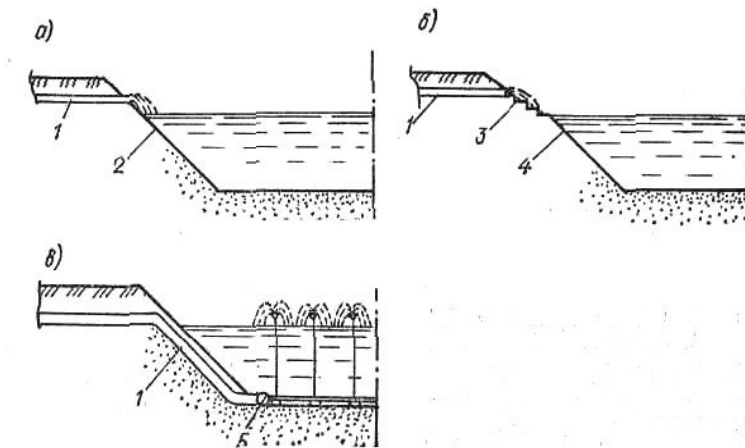


Рисунок 3.2 – Типові схеми подачі води на інфільтрацію;  
а – зосереджена подача; б – аераційний каскад; в – рівномірний  
розподіл води (розбризкуючі сопла);  
1 – підвідна труба; 2 – лоток; 3 – каскад; 4 – кріплення; 5 – розподільник

3.1.15 На басейнах повинні передбачатися вхідні вузли, які дають можливість регулювати та заміряти витрати, що подаються в них, запобігати їх переповненню, а у разі потреби також запобігати розмиванню дна басейну.

Вхідний вузол інфільтраційного басейну повинен мати пристрій, який забезпечує можливість:

- а) в будь-який момент роботи басейну вимірювати витрати, які подаються в нього;
- б) в період, попередній заповненню басейну до граничної відмітки, встановлювати витрати води або змінювати його в відповідності з заданим графіком роботи басейну;
- в) після заповнення басейну водою до граничного рівня автоматично його підтримувати.

Конструктивні особливості вхідних вузлів повинні відповідати:

- а) улаштуванню розподільчої мережі, котра може виконуватися закритою (з прокладених у землі трубопроводів) та відкритою (з каналів);
- б) кліматичним умовам (в районах з тривалими періодами негативних температур всі елементи вхідних вузлів повинні бути захищені від промерзання);
- в) особливостям улаштування басейнів;
- г) призначеному режиму їх роботи.

При конструюванні вхідних вузлів повинні враховуватися, зокрема, максимальні для басейнів різних розмірів витрати води, можлива амплітуда коливання витрат, допустимий розмір втрат напору при русі води через вхідний вузол. Велика увага при конструюванні вхідних вузлів повинна бути приділена забезпеченню зручності обслуговування і надійності дії всіх елементів вузлів.

Для практичного використання Союзводоканалпроектом розроблено робочі креслення вхідних вузлів дослідних та дослідно-виробничих інфільтраційних басейнів трьох типорозмірів (з водомірами марок ВБ-50, УВТ-100 і УВТ-150).

3.1.16 У басейнах капітального типу слід передбачати встановлення трубчастих водовипусків для їх спорожнення.

Водовипуски з нижнього б'єфу перекриваються засувками, які встановлюються в спеціальних залізобетонних камерах.

## 3.2 Режим роботи інфільтраційних басейнів

3.2.1 Інфільтраційні басейни можуть працювати на різних режимах.

На великих добре обладнаних установках ШППВ подача води в інфільтраційні басейни виконується звичайно по складному графіку.

Робочий цикл басейну, який експлуатується на складному режимі, складається з п'яти періодів (рисунок 3.3):

$t_1$  – затоплення дна басейну тонким шаром; в цей період фільтраційні витрати збільшуються від  $Q_1^*$  до  $Q_2$  або підтримуються постійними, рівними  $Q_2$ , а глибина (рівень) води в басейні до кінця періоду встановлюється на відмітці  $H_1$ ;

$t_2$  - наповнення басейну від  $H_1$  до граничних відміток  $H_3=H_m$  при постійних інфільтраційних витратах  $Q$ ;

$t_3$  - збереження незмінного рівня  $H_m$  при поступовому зменшенні інфільтраційних витрат:  $Q_3 = \varphi(t)$ ;

$t_4$  - спорожнення басейну, за час якого відбувається зниження рівня від  $H_m$  і витрат на кінець періоду  $t_3$  до нуля:  $H_4 = \varphi(t)$ ;  $Q_4 = \varphi(t)$ ;

$t_5$  - період очищення (регенерації) басейну; в цей період  $H = 0$  і  $Q = 0$ .

В сукупності весь період експлуатації басейну називається фільтроциклом (Т).

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5. \quad (3.5)$$

3.2.2 Після чергової очищення в басейни капітального типу подаються звичайно відносно малі витрати, які становлять 1/5–1/4 частину максимальної. Це робиться для того, щоб в перший період роботи басейну, коли дно його ще не закольматоване, уникнути проникання у водоносний шар великої кількості забруднень. Зменшені проти максимального, але поступово збільшені витрати подаються протягом 10-15 діб, інколи 25-30 діб.

3.2.3 Відмітною особливістю режиму роботи басейнів полегшеного типу є подача в них у перший період постійних, інколи великих витрат. Тому тривалість цього періоду для басейнів названого типу відносно невелика.

3.2.4 Гранична глибина води в басейні визначається його конструкцією, початковій максимальні витрати – встановленими правилами експлуатації. Для басейнів в середньота крупнозернистих пісках, які характеризуються коефіцієнтами фільтрації від 10-20 до 60-80 м/добу, максимальні питомі (на одиницю площі басейну) витрати води і швидкості інфільтрації звичайно лежать у межах 1-3 м/добу.

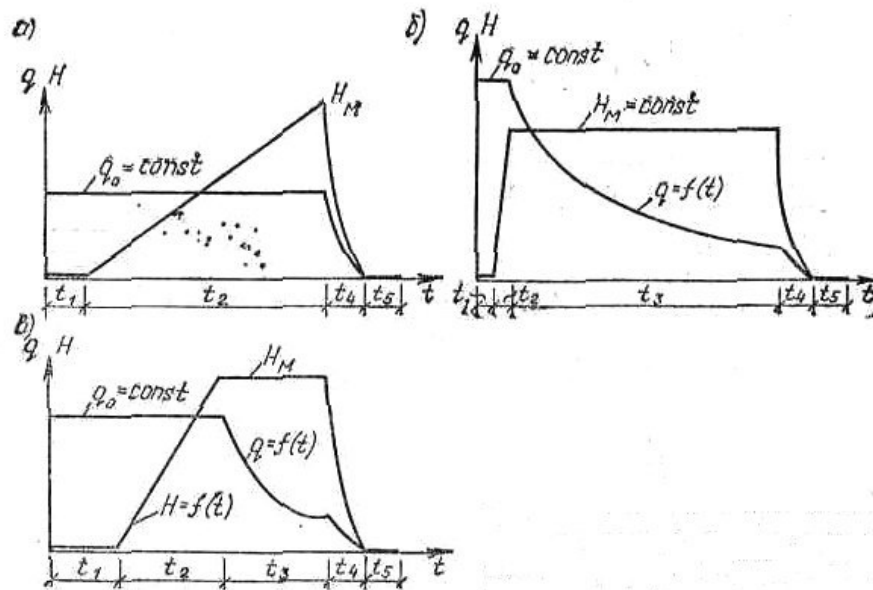


Рисунок 3.3 – Режими роботи інфільтраційних басейнів:

*a* – спрощений,  $q = \text{const}$ ; *б* – спрощений,  $H = \text{const}$ ; *в* – складний

Для басейнів у дрібнозернистих пісках і супісках розмір максимальних швидкостей інфільтрації може бути зменшений до 0,5 м/добу.

У гравійно-галькових відкладах швидкість інфільтрації може досягати значно більших величин (до 20-30 м/добу та вище).

Після підняття води до граничного рівня протягом певного часу басейни працюють при постійній глибині наповнення. Величина подачі води і швидкість інфільтрації при цьому зменшуються. Коли вони досягають неприпустимо малого з практичного погляду розміру, подача води в басейни припиняється і починається спрацювання рівня до спорожнення басейнів. Після чого здійснюється їх очищення.

3.2.5 Інфільтраційні басейни можуть експлуатуватися також на спрощених режимах  $H_m = \text{const}$  (швидкого наповнення) або  $Q = \text{const}$  (постійної подачі).

Перший режим (рисунок 3.3, б) характеризується подачею в басейн одразу після очищення збільшених витрат води, що призводить до швидкого досягнення гранично можливих рівнів  $H_m$ .

Робота на режимі швидкого наповнення може бути доцільною при наявності на дні басейну дрібнозернистих пісків або супісків (грунтів, які не можуть кольматуватися на значну глибину), а також в тих випадках, коли пуск басейну в експлуатацію приурочено до періоду настання негативних температур.

Другий режим характеризується введенням у басейн протягом всього робочого періоду постійних витрат води  $Q$  (рисунок 3.3, а).

Робота в такому режимі супроводжується повільним і рівномірним підняттям рівня води в басейні. До кінця робочого періоду цей рівень досягає допустимого для басейну максимуму  $H_m$ .

### 3.3 Визначення продуктивності басейнів

3.3.1 При проектуванні басейну його витрати повинні прогнозуватися за аналогією зі спорудами діючих установок ШППВ і шляхом розрахунків.

3.3.2 Перший спосіб потребує використання даних, отриманих при тривалій експлуатації установки, подібній до заново спроектованої за факторами, які впливають на величину витрат басейну, а також за якістю води джерела поповнення, за загальною схемою попередньої підготовки води, за завантаженням дна споруди, за властивостями ґрунту, що підстелює його тощо. Цей спосіб може виявитися найраціональнішим, якщо установка ШППВ, яка заново проектується, перебуває в районі діючої або проектується розширення останньої.

3.3.3 Розрахунки витрат басейнів прийнято виконувати за залежностями, які отримано на основі вирішення відповідних фільтраційних завдань. Для застосування розрахункового методу необхідно мати дані про властивості призначеної для використання води (каламутність, гранулометричний склад суспензії і т.д.), склад і проникність ґрунтів основи інфільтраційних басейнів, конструктивні особливості басейнів і заданий режим їх експлуатації.

3.3.4 Основним завданням розрахунку інфільтраційних басейнів є визначення швидкості інфільтрації або з урахуванням площі басейнів фільтраційної витрати, яка буде надходити у водоносний шар в кожний період їх роботи, тривалості кожного періоду і загальної кількості води за фільтроцикл  $W$  (віддача басейну). При цьому слід виходити з такого співвідношення, що є справедливим для кожного періоду:

$$q_0 = q + q_e, \quad (3.6)$$

де  $q_0$  – витрата води, яка подається в басейн;

$q$  – фільтраційна витрата з басейну;

$q_e$  – витрата на заповнення (спорожнення) ємкості басейну.

Всі ці величини належать до одиниці площі басейну і мають розмірність швидкості.

Очевидно, що в перший і третій періоди ( $t_1$  і  $t_3$ )  $q_0 = q$  ( $q_3 = 0$ ). В другий період  $q_0 > q$ . Однак розрахунки і досвід експлуатації басейнів свідчать, що, як правило,  $q > q_e$ , і тому витратою, яка йде на наповнення басейну, можна знехтувати, і вважати  $q_0 = q$ . Такий підхід призводить до деякого завищення розрахункової швидкості інфільтрації та віддачі (на величину ємкості басейну) в другий період. Це можна компенсувати, якщо не враховувати фільтраційну витрату в період спрацювання рівня рівня води в басейні ( $q = -q_e$ ) і його віддачу в цей період, яка цілком збігається з ємкістю басейну.

Такий підхід доцільний, тому що при цьому не змінюється загальна віддача і середня швидкість інфільтрації за фільтроцикл, а техніка розрахунку значно спрощується.

Час спорожнення басейну може бути задано. Звичайно він не перевищує 5-10 діб.

Якщо спрацювання рівня води в басейні йде неприпустимо повільно, то доцільно примусово його спорожнити.

3.3.5 При розрахунках продуктивності інфільтраційних басейнів необхідно враховувати зростання опору ґрунтів внаслідок випадання з води завислих частинок механічного і органічного походження, які в ній утримуються.

У зв'язку з тим, що ґрунти основи басейнів в більшості випадків представлені пісками, а в гравійно-галькових відкладах створюється піщане завантаження, зростання опору їх зумовлюється в основному утворенням на поверхні дна басейну (або завантаження) шару мулистий плівки (осаду). Процеси власне кольматажу, тобто відкладання завислих часток в порах ґрунту піщаної основи, звичайно відбуваються лише в перший, порівняно короткий період, тривалість якого оцінюється за так званою гряземісткістю ґрунту  $N$ .

Допустимо прийняти, що період кольматації пісків основи басейнів збігається з періодом розтікання води по його дну тонким шаром ( $t_1$ ). Тільки в окремих випадках (наприклад, в гравійно-галькових ґрунтах з крупним заповнювачем і при гравійному завантаженні дна) кольматаж може мати місце протягом більш або менш тривалого часу.

Відповідно до викладеного розрахунки фільтрації з басейнів в основні періоди його роботи (другий і третій) в системах господарсько-питного водопостачання, як правило, виконуються за схемою плівкової фільтрації.

Динаміку формування мулистий плівки на дні басейнів слід виражати такою залежністю

$$d\delta = \frac{Mqdt}{\gamma_{ск}}, \quad (3.7)$$

де  $\delta$  – товщина плівки;

$M$  – вміст завислих частинок (її каламутність);

$\gamma_{ск}$  – об'ємна маса скелета плівки;

$t$  – час.

Це рівняння, а також співвідношення  $q = \kappa_n \frac{M}{\delta}$  відповідно для режимів  $H = \text{const}$  і  $q = \text{const}$ , де  $\kappa_n$  – коефіцієнт фільтрації плівки;  $H$  – напір, під яким відбувається інфільтрація, є основними для отримання розрахункових залежностей, наведених в таблиці 3.1.

3.3.6 Оскільки коефіцієнт фільтрації природного ґрунту основи набагато перевищує коефіцієнт фільтрації осаду-плівки ( $\kappa > \kappa_n$ ), можна вважати, що рух води в ґрунті основи відбувається з неповним насиченням пор. В цьому випадку напір  $H$  дорівнює глибині води в басейні. Прийнято також, що мулиста плівка не стислива, і її фільтраційні властивості залишаються незмінними в часі.

Таблиця 3.1

Періоди експлуатації	Розрахункові формули	№ формули	Позначення
I. $0 < t < t_1$ $q_1 = \text{const}; H=0$	$t_1 = \frac{N}{q_1 M}$ $W_1 = q_1 F t_1$	(3.8) (3.9)	$F$ – площа дна басейну
II. $t_1 \leq t \leq t_1 + t_2$ $q_2 = q_1 = \text{const}$ $H=f(t)$	$t_2 = \frac{H_M A}{q_2^2 M}$ $W_2 = q_2 F t_2$	(3.10) (3.11)	$A = k_{\Pi} \gamma_{\text{ск}}$
$q_1 + q_2 = \text{const.}$	$q_3 = \frac{N + \sqrt{N^2 + 4MH_M (t_4 - t_5)}}{2M (t_4 - t_5)}$	(3.12)	
III. $t_1 + t_2 \leq t \leq t_1 + t_2 + t_3$ $q_3 = f(t)$ $H = H_M = \text{const}$	$q_3 = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{q_2^2} + \frac{2M(t - t_1 - t_2)}{AH_M}}}$ $W_3 = \frac{F}{q_2} \left[ \sqrt{H_M \frac{A}{M} (H_M \frac{A}{M} + 2q_2^2 t_3)} - H_M \frac{A}{M} \right]$	(3.13) (3.14)	
<b>Примітка.</b> Інфільтрація через укоси басейну не враховується, що дає певний запас в результатах розрахунків (трохи зменшується ефективність поповнення).			

3.3.6 Загальна тривалість фільтроциклу  $T$  призначається залежно від кількості передбачених очищень басейну за рік, яка, в свою чергу, визначається кліматичними умовами району, якістю сирової води, яка подається на поповнення, режимом роботи басейну, потрібною середньою за фільтроцикл швидкістю інфільтрації тощо і може уточнюватися в процесі проведення розрахунків.

Звичайно для басейнів в піщаних ґрунтах, а також в гравійно-галькових відкладах з піщаним завантаженням дна передбачають одне-два очищування протягом року; відповідно до цього тривалість фільтроциклу  $T$  становить 180-365 діб. Тривалість спорожнення басейну  $t_4$ , як вже відзначалося, не повинна перевищувати 10 діб. Тривалість періоду очищення  $t_5$  допускається приймати: 15 діб при очищенні вручну і 5 діб - при очищенні механізмами.

Фільтруюча здатність інфільтраційних споруд в багатьох випадках відновлюється лише раз на рік в період весняної повені, коли подача води на інфільтрацію припиняється

через великий вміст в ній суспензії. Загальна тривалість періоду  $t_1$ , протягом якого вода на інфільтрацію не подається, повинна визначатися при цьому тривалістю повені, яка встановлюється за даним гідрологічних щорічників. В багатьох випадках цей період значно перевищує тривалість четвертого і п'ятого періодів ( $t_4 + t_5$ ) експлуатації басейнів.

Розрахункове значення каламутності  $M$  встановлюється за даними гідрологічних щорічників як середнє за робочий цикл експлуатації. У разі потреби проводяться спеціальні дослідження для визначення каламутності.

Якщо проект передбачає попередню підготовку води, яка подається на інфільтрацію, то розрахункова каламутність призначається з урахуванням зменшення каламутності річкової води на очисних спорудах.

При розрахунку басейнів, які працюють в режимі  $H = \text{const}$  або мішаному, за вихідну повинна бути призначена величина  $q_0 = q_1 = q_2$ .

Для басейнів в середньо- і крупнозернистих пісках, які характеризуються коефіцієнтом фільтрації 10-60 м/добу і експлуатуються у мішаному режимі, витрата води  $q_0$  коливається звичайно в межах 1-3 м/добу. Для басейнів в дрібнозернистих пісках і супісках величина цих витрат може бути зменшена до 0,25-0,5 м/добу.

При експлуатації басейну у режимі  $H = \text{const}$  величина початкової витрати є максимальною і може досягати 5 м/добу і більше.

Гранична глибина води в басейні визначається його конструкцією.

За формулами таблиці 3.1 розраховуються  $t_1$ ,  $W_1$ ,  $t_2$ ,  $W_2$ . Потім за залежністю (3.5) визначається тривалість третього періоду  $t_3$ , за формулою (3.13) – значення витрат в різні моменти часу, а за формулою (3.14) – величина віддачі в цей період.

Для басейнів, які працюють в режимі  $q = \text{const}$  (рисунки 3.3, а) задача зводиться до розв'язку системи трьох рівнянь. Одним з них є залежність (3.5), другим – формула (3.8) і третім – вираз (3.10). Формула для визначення  $q_2$  має при цьому такий вигляд (3.12).

В результаті розрахунків інфільтраційних басейнів слід скласти графіки  $q = \varphi(t)$ , які охоплюють усі періоди роботи басейну.

Середня швидкість інфільтрації за фільтроцикл визначається із співвідношення

$$q = \frac{W}{FT}, \quad (3.15)$$

де  $W = \Sigma W_i$  – загальна віддача басейну за фільтроцикл.

3.3.7 Відновлення продуктивності відкритих інфільтраційних споруд повинно здійснюватися звичайно шляхом знімання вручну або механізмами плівки і найбільш забрудненого шару піску завтовшки 1,5-3 см. Значно рідше застосовуються гідравлічні способи регенерації.

## 3.4 Спрощені інфільтраційні системи ШППВ

3.4.1 До спрощених інфільтраційних систем ШППВ належать інфільтраційні площадки, ставки, канали, цілеспрямовано затоплені заплави річок, відпрацьовані кар'єри,

гірничі виробки, зони гідрогеологічного впливу водосховищ, магістральних каналів. При їх застосуванні передбачається максимальне використання існуючих природних і водогосподарських умов для підготовки і переведення поверхневих вод у підземні за допомогою найпростіших інженерних і водогосподарських заходів.

Ці системи є простими в експлуатації, легко ремонтуються силами експлуатаційних служб.

Застосування спрощених систем може бути особливо ефективним при вирішенні регіональних природоохоронних і водогосподарських заходів на значних територіях у зонах впливу великих річок, водосховищ та іригаційних систем.

Спрощені інфільтраційні системи розміщуються переважно у природних зниженнях рельєфу, заплавах річок, на ділянках з легкофільтруючими ґрунтами. У Рівнинному Криму сприятливі умови існують у верхів'ях балок, де на поверхню виходять алювіальні нашарування з продуктів вивітрювання вапняків. Потужність вивітреної зони на цих ділянках становить переважно від 0,8 до 2,5 м. Її слід розглядати як природний фільтр, який підстиляється тріщинуватими пористими вапняками зони аерації на глибину до 100 м.

3.4.2 Інфільтраційні ставки, площадки створюються шляхом спорудження низьконапірних дамб, валів, виїмок. Глибина води у них приймається у межах 0,2-0,8 м. Швидкість інфільтрації залежить від фільтраційних характеристик верхньої зони ґрунтів і замуленості води, яка подається на інфільтрацію. На передпроектних стадіях швидкість інфільтрації приймається по об'єктах-аналогах, у межах 0,2-0,5 м за добу. На проектній стадії ця величина визначається за результатами виконання натурних дослідно-вишукувальних робіт.

3.4.3 При застосуванні спрощених інфільтраційних споруд для підготовки і подачі поверхневих вод у підземні горизонти процес очищення води відбувається переважно у верхньому ґрунтовому або закольматованому шарі і закінчується в зоні аерації та водоносному горизонті на шляху води від місця інфільтрації до водозабірних споруд.

При високому ступені каламутності води, яка надходить з джерела поповнення, при проектуванні технічної схеми системи поповнення слід передбачати спеціальні відстійники або виділяти частину інфільтраційних площ під відстійники.

У спрощених інфільтраційних системах поповнення для відновлення фільтрувальної здатності необхідно провадити періодичне їх спорожнення для створення сприятливих умов для деструкції органічної частини мулофільтру під впливом природних факторів (сонця, вітру тощо) або за допомогою найпростіших агротехнічних заходів (боронування, оранка верхнього шару фільтрувальної поверхні).

3.4.4 У зоні впливу водосховищ, ставків, іригаційних каналів внаслідок підняття рівня води порівняно з побутовими умовами відбувається інфільтрація води на прилеглий території та підняття рівня підземних вод. Ці води слід відбирати і використовувати для господарських потреб як в системах ШППВ за умови відповідності їх якості вимогам водоспоживачів.

При вирішенні проблеми джерел водопостачання слід вивчити як альтернативний варіант використання інфільтраційних вод у зоні впливу водосховищ, ставків, каналів.



3.4.5 Відпрацьовані гірничі виробки можуть використовуватись для створення систем поповнення. Для цього слід використовувати території колишніх кар'єрів будівельних матеріалів (піску, гравію, вапняків), шахти, штольні. Технічна і технологічна схема таких об'єктів повинна вирішуватись індивідуально залежно від конкретних природних, технічних, водогосподарських умов і вимог щодо охорони навколишнього середовища.

## **4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗАКРИТИХ СИСТЕМ ШППВ**

### **4.1 Умови застосування закритих систем**

4.1.1 Закриті системи ШППВ необхідно застосовувати у випадках, коли:

- водоносний горизонт, який експлуатується, з поверхні перекритий водонепроникними або слабопроникними (коефіцієнт фільтрації менше 1–2 м/добу) породами потужністю понад 4-5 м або шаруватими (з непрониклими породами потужністю > 5 м);
- відсутні необхідні площі під споруди відкритого типу;
- існує загроза промерзання відкритих інфільтраційних систем в зимовий період.

4.1.2 Залежно від характеру розміщення у водоносному шарі закриті інфільтраційні споруди підрозділяються на горизонтальні і вертикальні.

Горизонтальні закриті інфільтраційні споруди – трубчасті дрени, галереї і штольні – не знайшли широкого застосування в практиці ШППВ, що пояснюється відсутністю ефективних методів відновлення їх продуктивності і недосконалістю самих конструкцій.

Найбільше розповсюдження отримали вертикальні закриті інфільтраційні споруди, головним чином, бурові свердловини і порівняно рідше - шурфи і шахтні колодязі.

4.1.3 Бурові свердловини за призначенням і умовам експлуатації можна підрозділити на такі типи:

- вбирні свердловини (рисунок 4.5, а);
- дренажно-вбирні свердловини (рисунок 4.5, б).

Вбирні свердловини подають воду безпосередньо в експлуатаційний пласт. Вони експлуатуються як в режимі наливу при самотісній подачі води, так і в режимі примусового закачування під тиском.

Вбирні свердловини, як правило, споруджуються великим діаметром з встановленим фільтром з антикорозійних матеріалів і улаштуванням гравійної обсыпки. Схему комплектування вхідного вузла вбирної свердловини наведено на рисунку 4.6.

Дренажно-вбирні свердловини призначені для дренажу верхнього водоносного горизонту з подачою води в нижній шар. Ці свердловини обладнуються фільтрами на обох горизонти. Для поліпшення умов дренажу або перетікання гравійна обсыпка може укладатися не тільки в інтервалі встановлення фільтрів, а й у межах слабопроникного прошарку.

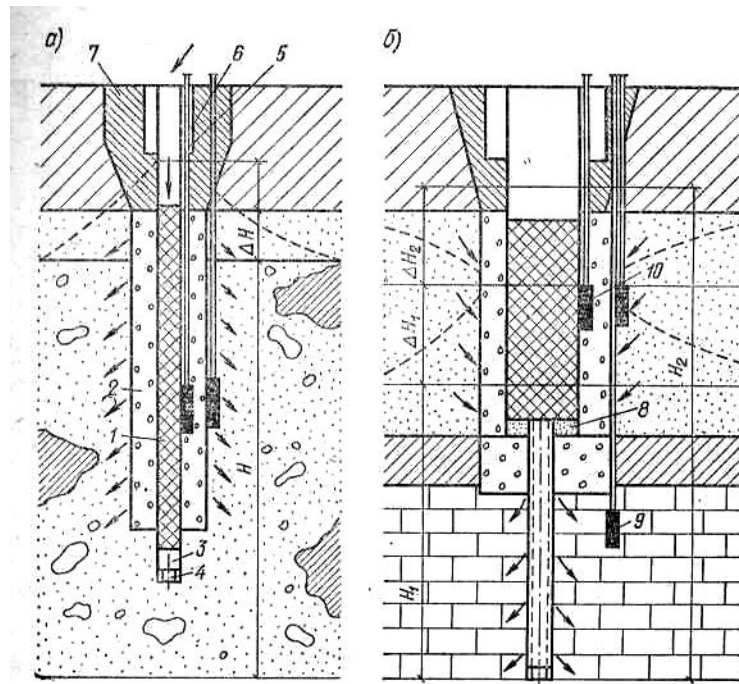


Рисунок 4.5 – Конструкція вбирних і дренажно-вбирних свердловин:

*а* – свердловина, яка вбирає; *б* – дренажно-вбирна свердловина;

1 – фільтровий каркас; 2 – обсадження; 3 – відстійник; 4 – пробка; 5 – експлуатаційна колона;  
6 – кондуктор; 7 – затрубне цементування; 8 – сальник; 9 – спостережна свердловина; 10 –  
затрубний п'єзометр

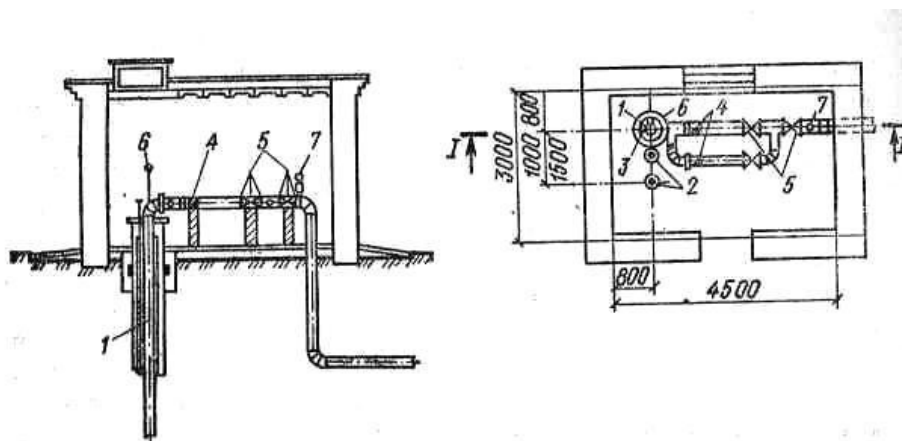


Рисунок 4.6 – Схема входного вузла вбирної свердловини (план і розріз I-I):

1 – вбирна свердловина; 2 – спостережна свердловина; 3 - п'єзометр; 4 – водомір; 5 - засувка;  
6 – манометр; 7 – вантуз

Крім зазначених типів свердловин у ряді випадків використовуються установки подвійного призначення, які працюють поперемінно в режимі закачування–відкачування. Схема входного вузла установки наводиться на рисунку 4.7.

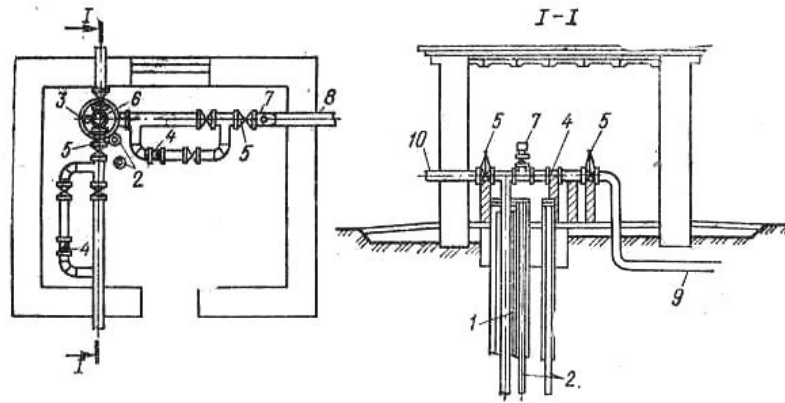


Рисунок 4.7 – Схема вхідного вузла свердловини подвійного призначення (план і розріз I-I):

1 – свердловина подвійного призначення; 2 – спостережні свердловини; 3 – затрубний п'єзометр;  
4 – водомір; 5 – засувка; 6 – манометр; 7 – вентиль; 8 – підвідна лінія; 9 напірна лінія; 10 – збірна лінія

Для контролю за роботою свердловин необхідно передбачати відповідне обладнання для: а) вимірювання витрати і кількості води, яка надходить у шар за час експлуатації свердловин; б) регулювання подачі води в свердловину і повного відключення свердловини від живильного водоводу; в) вимірювання динамічних рівнів води в свердловині на контурі обсіпки і поблизу свердловини.

4.1.4. Відмітною рисою закритих систем є необхідність підготовки води відповідно до вимог споживачів перед подачею її в підземні горизонти, що експлуатуються. Це суттєво збільшує вартість штучного поповнення. Закриті системи доцільно застосовувати в умовах, коли джерелом поповнення є природні відстійники (озера, водосховища, канали), інші водоносні горизонти, доочищені стічні води, відпрацьовані води з установок кондиціонування повітря тощо.

4.1.5. У разі відсутності природних відстійників необхідно створити комплекс споруд для відстоювання води, попереднього фільтрування та здійснити інші заходи для підготовки води, які б забезпечували якість на водозаборі відповідно до вимог водоспоживача.

4.1.6. Закриті системи ШППВ питного призначення можуть застосовуватись виключно за погодженням з МОЗ України.

## 4.2 Схеми закритих систем, особливості конструкції вбирних свердловин, розрахунки їх дебіту

4.2.1 Принципова схема поповнення закритого типу з використанням свердловин полягає у подаванні води через ці свердловини у водоносний, ізолюваний від поверхні землі, горизонт.

Дренажно-вбирні свердловини дренують переважно верхні горизонти, які не експлуатуються, води яких фільтруються у розміщений нижче водоносний горизонт. Верхній водоносний горизонт при цьому може поповнюватись за рахунок фільтрації води з річки, водосховища або відкритих інфільтраційних споруд.

4.2.2 Інфільтраційні (вбирні та нагнітальні) свердловини за умовами їх роботи і конструкції поділяються на три групи. Інфільтраційні свердловини першої групи не відрізняються від водозабірних. У зв'язку з більш складними умовами їх експлуатації вони будуються більшого діаметра і частіше обладнуються фільтрами з гравійною обсіпкою.

Інфільтраційні свердловини другої групи обладнуються фільтрами на дренажний і вбирний водоносні горизонти.

Інфільтраційні свердловини третьої групи є водозабірними та вбирними і діють відповідно до періодів водовідбору та водоподачі. Ця група свердловин має відносно складне обладнання і працює за різними технічними схемами.

При цьому необхідно забезпечити надійну ізоляцію устя свердловини і з'єднань водоподавальної колони для запобігання підсмоктуванню в свердловину повітря і подальшого повітряного кольматажу фільтра і профільтрової зони.

4.2.3 Конструктивні особливості вбирних свердловин повинні враховувати ступінь підготовки води перед подаванням її в свердловину. При високому рівні підготовки води у відстійниках показники каламутності води, яка подається у свердловину, повинні бути близькими до тих, що відповідають воді питної якості. Аналогічні якісні параметри повинна мати вода з установок технологічного охолодження або кондиціонування повітря. Для забезпечення якості доочищених стічних вод і відпрацьованих вод з установок кондиціонування повітря їх слід транспортувати без розриву струменя, що запобігає потраплянню повітря у трубопроводи, корозії труб і появи гідроокису заліза у воді.

4.2.4 Устя свердловин слід захищати від затоплення паводковими і повеневими водами, в неробочі періоди воно повинно бути закрите і забезпечувати можливість вимірювання рівня і витрат води при експлуатації свердловини.

Конструкція вбирних свердловин повинна проектуватись згідно з “Пособием по проектированию сооружений для забора подземных вод (к СНиП 2.04.02-84)”.

4.2.6 Способи підготовки води перед подачею її у водоносний горизонт і після відбирання визначаються окремо у кожному конкретному випадку залежно від процесів самоочищення перед подачею води у водоносний горизонт у зоні аерації та водоносному горизонті. Ці заходи повинні бути узгоджені з державними органами санітарної охорони.

4.2.7 У закритих системах при роботі свердловин можлива кольматація фільтрів і прифільтрових зон, що зумовлює потребу в регенерації нагнітальних свердловин.

Спосіб відновлення пропускної здатності нагнітальних свердловин вибирається залежно від характеру і основних причин кольматації з урахуванням особливостей конструкції свердловин та їх приймальної частини. До таких способів належать: прокачування свердловин, вакуумування їх ствола, вібраційна дія, імпульсно-імпульсивна обробка, реагентні обробки. Детальну інформацію про методи відновлення продуктивності закритих інфільтраційних споруд наведено в “Рекомендациях по проектированию и эксплуатации систем ИППВ” (1976 г).

4.2.8 При розрахунках вбирних свердловин розрізняються два режими їх роботи:

- з постійним дебітом;
- з постійним напором.

На практиці експлуатація вбирних свердловин здійснюється в режимі постійного дебіту. Цей режим забезпечується як при вільній інфільтрації, так і при подаванні води в свердловину під напором за допомогою насосів.

Для недосконалих свердловин, діючих у режимі постійного дебіту, значення напору залежить від опору пласта і підвищення напору, зумовленого додатковим опором залежно від конструкції свердловини.

Прогноз роботи вбирних свердловин в системі ШППВ виконується при спрощених схемах на підставі існуючих методик розрахунків, у більш складних схемах – шляхом моделювання.

## 5 РОЗРАХУНОК ВОДОЗАБОРІВ В УМОВАХ ШППВ

5.1 Принципова оцінка експлуатаційних запасів підземних вод в умовах ШППВ і без нього аналогічна. Основні відмінності зв'язані з необхідністю врахування режиму роботи споруд відкритого типу (зокрема, характер інфільтрації – вільна або підперта, характер кольматації дна басейнів, безперервність або періодичність їх роботи і т.д.).

Інтенсивність замулення фільтрів насамперед залежить від води, яка подається на інфільтрацію.

Нижче наведені особливості розрахунку водозаборів для двох найбільш поширюваних випадків роботи споруд ШППВ відкритого (схема 1) та закритого (схема 2) типів при безперервному режимі експлуатації і поповнення.

5.2 *С х е м а 1.* Споруди відкритого типу частіше всього застосовуються для ШППВ при роботі водозаборів в річкових долинах. В цьому випадку водозабори звичайно представляють собою лінійні ряди свердловин вздовж русла річки. Експлуатуємий водоносний горизонт безнапірний, приурочений до алювіальних відкладів. Води алювіальних відкладів гідравлічно зв'язані з поверхневими. ШППВ здійснюється, як правило, вільною інфільтрацією (“дощування”) із системи інфільтраційних басейнів, канав, каналів, розташованих паралельно водозабору з боку, протилежного річці.

В таких умовах розрахункову схему шару можна представити в вигляді пласта-смуги з межою I роду ( $H=\text{const}$ ) по річці і межою II роду ( $q=\text{const} \neq 0$ ) по лінії розташування інфільтраційних споруд. Величина розрахункового зниження рівня  $S_p^1$  при роботі лінійного ряду досконалих свердловин великої довжини ( $2l \geq L_p=l_0+\Delta L$ ;  $l$  – половина довжини ряду;  $L$  – відстань від водозабору до річки;  $\Delta L$  – олір ложа річки) без врахування впливу ШППВ може бути визначена по формулі Маскета-Лейбензона, перетвореної стосовно до одиничної продуктивності водозабірної ряду в безнапірному шарі:

$$S_p^1 = H - \sqrt{H^2 - \frac{2q}{k} \left( L_p + \frac{\delta}{\pi} \ln \frac{\delta}{\pi r_c} \right)}, \quad (5.1)$$

де  $q$  – одинична продуктивність водозабірної ряду, яка визначається як відношення сумарної витрати водозабору  $Q_{\text{сум}}$  до довжини ряду  $2l$ .

$$\text{Позначимо } \frac{\delta}{\pi} \ln \frac{\delta}{\pi r_c} = L_c. \quad \text{Тоді } S_p^1 = H - \sqrt{H^2 - \frac{2q}{k} (L_p + L_c)}. \quad (5.2)$$

Підвищення рівня в свердловині водозабірної ряду  $\Delta h$  від роботи інфільтраційних споруд визначається за залежністю

$$\Delta h = H - \sqrt{H^2 - \frac{2q_{\text{инф}}}{k} L_p}, \quad (5.3)$$

де  $q_{\text{инф}}$  – одинична витрата інфільтраційних споруд (відношення загальної витрати “сирої” води  $Q_{\text{с.в}}$  до довжини інфільтраційних споруд).

Результуюче розрахункове зниження рівня в водозабірних свердловинах  $S_p$  з урахуванням інфільтрації води з басейнів визначиться за формулою

$$S_p = H - \sqrt{H^2 - \left[ \frac{2q_p}{k} (L_p + L_c) + \frac{2q_{\text{инф}}}{k} L_p \right]}. \quad (5.4)$$

Звідси величина одиничної розрахункової витрати водозабору при ШППВ складе:

$$q_p = \frac{\kappa (H - S_p) S_p}{2 (L_p + L_c)} + q_{\text{инф}} \frac{L_p}{L_p + L_c}. \quad (5.5)$$

При визначенні  $q_p$  величину  $S_p$  приймають рівною допустимому зниженню рівня.

Перший член у виразі (5.5) представляє одиничну витрату водозабору при допустимому зниженні без урахування ШППВ, другий – величину додаткової витрати  $q_u$ , залученої водозабором при витраті води на інфільтрацію  $q_{\text{инф}}$  з басейнів.

$$\text{Отже, } q_u = q_{\text{инф}} \frac{L_p}{L_p + L_c}.$$

Коефіцієнт корисної дії ( $\alpha_u$ ) може бути розрахований за формулою

$$\eta_u = \frac{q_u}{q_{\text{инф}}} = \frac{L_p}{L_p + L_c} = \frac{1}{1 + \frac{L_c}{L_p}}. \quad (5.6)$$

З формули (5.6) видно, що коефіцієнт корисної дії залежить від співвідношення величини  $L_c$  до відстані від водозабору до річки (в свою чергу  $L_c$  залежить від відстані між водозабірними свердловинами). При  $\frac{2\sigma}{L_p} > 10$  поповнення запасів неефективне, тому що більша частина інфільтраційних вод не перехоплюється свердловинами водозабору, а потрапляє в річку.

Коефіцієнт загальної ефективності може бути розрахований за формулою

$$\alpha_{\text{еф}} = \frac{q_u}{q_p} . \quad (5.7)$$

При безперервному режимі поповнення величина  $q_{\text{інф}}$  може бути розрахована за формулі

$$q_{\text{інф}} = V_{\text{інф}} \times b , \quad (5.8)$$

де  $V_{\text{інф}}$  – середня швидкість інфільтрації;

$b$  – ширина басейну.

Швидкість інфільтрації залежить від коефіцієнта фільтрації, товщини замуленого шару і глибини наповнення басейну (каналу). Її величина визначається дослідним шляхом, а зміна в часі прогнозується за даним про каламутність води, коефіцієнт фільтрації замуленого шару і об'ємну вагу скелету ґрунту.

5.3. *С х е м а 2.* Споруди закритого типу доцільно застосовувати для поповнення запасів підземних вод напірних водоносних горизонтів. В цьому випадку водозабори представляють собою групи взаємодіючих водозабірних свердловин системи ШППВ – групи взаємодіючих нагнітальних свердловин.

Для схеми необмеженого шару величина зниження рівня в водозабірній свердловині без ШППВ, розрахована методом узагальнених систем, становитиме

$$S_p^1 = \frac{Q_e^1}{2\pi km} \left( \ln \frac{R_n}{r_k} + \frac{1}{n} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c} \right), \quad (5.9)$$

де  $Q_e^1$  – сумарний дебіт експлуатаційних свердловин без урахування ШППВ;

$n$  – кількість свердловин.

Підвищення рівня  $\Delta h$  в свердловині від дії групи нагнітальних свердловин може бути визначене за формулою

$$\Delta h = \frac{Q_{c.в.}}{2\pi km} \ln \frac{R_n}{r_n}, \quad (5.10)$$

де  $Q_{c.в.}$  – сумарний дебіт системи нагнітальних свердловин;

$r_n$  – відстань між центрами водозабірної і нагнітальної груп свердловин.

Результуюче розрахункове зниження  $S_p$  у водозабірних свердловинах з урахуванням роботи системи нагнітальних свердловин становитиме

$$S_p = S_p^1 - \Delta h = \frac{Q_e}{2\pi km} \left( \ln \frac{R_n}{r_k} + \frac{1}{n} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c} \right) - \frac{Q_{c.в.}}{2\pi km} \ln \frac{R_n}{r_n}. \quad (5.11)$$

Звідси

$$Q_e = \frac{2\pi km S_p}{\ln \frac{R_n}{r_k} + \frac{1}{n} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}} + Q_{c.в.} \frac{\ln \frac{R_n}{r_n}}{\ln \frac{R_n}{r_k} + \frac{1}{n} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}} . \quad (5.12)$$

При визначенні  $Q_e$  величину  $S_p$  слід прийняти рівною допустимому зниженню рівня води

У формулі (5.12) перший член відповідає витраті, яка може бути отримана без урахування ШППВ, другий член – додатковій витраті  $Q_u^1$ , залученої до водозабору в зв'язку з роботою нагнітальної групи.

Таким чином,

$$Q_u^1 = Q_{c.в.} \cdot \frac{\ln \frac{R_n}{r_n}}{\ln \frac{R_n}{r_k} + \frac{1}{n} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}}. \quad (5.13)$$

З (5.13) коефіцієнт корисної дії

$$\eta_u = \frac{Q_u^1}{Q_{c.в.}} = \frac{\ln \frac{R_n}{r_n}}{\ln \frac{R_n}{r_k} + \frac{1}{n} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}}. \quad (5.14)$$

З огляду на те, що  $\frac{1}{n} \ln \frac{\sigma}{\pi r_c}$  звичайно набагато менше величини  $\ln \frac{R_n}{r_k}$ , вираз (5.14)

перетворюється в

$$\eta_u = \frac{\ln \frac{R_n}{r_n}}{\ln \frac{R_n}{r_k}}. \quad (5.15)$$

З формули (5.15) випливає, що коефіцієнт корисної дії збільшується зі зменшенням відстані між водозабірними і нагнітальними свердловинами і зі збільшенням радіуса “великого колодязя”.

Коефіцієнт загальної ефективності для цього випадку неважко розрахувати згідно з (2.3)

$$\xi_{ef} = \frac{Q_u^1}{Q_e}. \quad (5.16)$$

## 6 ДЖЕРЕЛА ПОПОВНЕННЯ І ВОДОГОСПОДАРСЬКЕ ОБГРУНТУВАННЯ

### 6.1 Джерела поповнення

6.1.1 Основним джерелом поповнення є річковий стік, води озер, водосховищ, каналів, води міжбасейнових перекидань стоку. Додатковими джерелами поповнення можуть бути резерви води в іригаційних каналах (періоди затяжних дощів у вихідні та святкові дні, при спорожненні каналів), водовідлив з гірських виробок, атмосферні опади, окремі види технологічних вод, стічні води після відповідної їх обробки та ін.

Для поповнення можуть використовуватися підземні води водоносних горизонтів, суміжні з тими, що експлуатуються.



Побічними джерелами поповнення для створення додаткових ресурсів підземних вод можуть бути інфільтрація з водосховищ, ставків, каналів, полів зрошення, затоплення заплав річок, снігозатримання тощо.

За режимом забезпечення ресурсами джерела поповнення бувають:

- постійні – річки, водосховища, озера, підземні води інших горизонтів;
- сезонні – іригаційні канали, сезонні водойми, талі води;
- тимчасові – зливовий стік, резерви зрошувальних вод та ін.

До комплексу досліджень джерел поповнення входить аналіз гідрологічних, водогосподарських і кліматичних умов.

6.1.2 Роботи, пов'язані з обґрунтуванням джерел поповнення для систем ШППВ, виконуються відповідно до стадії проектування. На попередніх передпроектних стадіях вирішуються основні принципи питання: вибір джерела поповнення, з'ясування його здатності забезпечити необхідні дебіти і графік водоподачі, якість води, санітарно-гігієнічні умови.

6.1.3 Вихідні дані для обґрунтування передпроектних стадій (концепція, схема) повинні бути одержані на підставі збирання матеріалів гідрометеорологічних спостережень, відомостей про екстремальні значення гідрометеорологічних характеристик і дії природних факторів на споруди, що експлуатуються і передбачаються проектом.

Як джерела інформації при збиранні матеріалів повинні використовуватися відповідні довідники, науково-технічна література, архівні матеріали. Якщо таких даних нема, проводяться попередні обстеження, опитування на місці тощо.

При розробці ТЕО і на подальших стадіях проектування проводяться спостереження за гідрологічним режимом джерела поповнення (річки, канали, озера, водосховища) впродовж не менше одного року. В умовах, коли вишукувальні та проектні роботи здійснюються в умовах недостатньо вивченої території і тривають понад 5 років, зі складу гідрометричної мережі слід виділити опорні пости з використанням їх як аналогів для оцінки режимних характеристик джерела поповнення.

Обсяг інженерно-гідрометеорологічних вишукувань визначається програмою робіт залежно від типу і компонування споруд, що проектуються, вивченості території, тривалості спостережень, складу елементів, що вивчаються, стадією проектування відповідно до вимог СНиП 1.02.07.

Вишукувальні та проектні роботи повинні забезпечити вивчення природних умов всіх намічених конкуруючих варіантів розміщення водозабірних споруд, трас водоводів, обґрунтування принципових об'ємно-конструктивних рішень для головних споруд, визначення заходів щодо охорони довкілля і визначення вартості будівництва.

6.1.4 Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації визначаються відповідно до вимог ДБН А.2.-3.

6.1.5 Можливість і доцільність використання конкретного джерела поповнення оцінюється за режимом водоспоживання, водогосподарським балансом, умовами водовідбору, віддаленістю від системи поповнення, складом комплексу споруд, який визначає

техніко-економічні показники будівництва. Джерело поповнення необхідно вибрати на підставі техніко-економічних розрахунків з урахуванням можливостей міжбасейнових перекидань з районів, забезпечених водою.

6.1.6 Система поповнення стосовно джерела поповнення є водоспоживачем, у водозабезпеченості якого в окремих випадках допускаються перебої, у зв'язку з чим надійність джерела поповнення слід оцінювати з урахуванням можливостей регулювання поверхневого стоку в поверхневих і підземних водосховищах.

6.1.7 При виборі джерел поповнення і плануванні заходів щодо їх використання необхідно:

- розглядати ШППВ як захід, спрямований на усунення дефіциту експлуатаційних ресурсів підземних вод;
- враховувати, що при будівництві та експлуатації системи поповнення і підземних водосховищ необхідно забезпечити заходи щодо раціонального використання джерела поповнення і передбачити заходи, спрямовані на захист від забруднення і вичерпання та збереження довкілля відповідно до водного законодавства.

6.1.8 Величину і графік водовідбору на джерелі поповнення слід узгоджувати з місцевими органами, відповідальними за регулювання, використання і охорону вод або через басейнові (територіальні) управління, а їх якісну оцінку з урахуванням заходів щодо водопідготовки – з місцевими органами державної санітарно-епідеміологічної служби.

6.1.9 Надійність забезпечення поверхневими водами джерела поповнення визначається залежно від категорії системи водопостачання слід застосовувати диференційовану ймовірність перевищення середньорічних, середньомісячних витрат (рівнів) відповідно до СНиП 2.04.02 за таблицею 6.1.

Таблиця 6.1

Категорія надійності подачі води	Забезпеченість середньорічних, середньомісячних або середньодобових витрат води джерела поповнення, %
I	95
II	90
III	85

6.1.10 При оцінці використання поверхневих водних ресурсів для поповнення в системах водопостачання потрібно враховувати:

- витратний режим і водогосподарський баланс для джерела поповнення з прогнозом на 15-20 років;
- вимоги водоспоживача до якості води;
- характеристики води у джерелі поповнення з прогнозом можливої зміни її якості;
- якісні та кількісні характеристики твердого стоку і планктону, зміни їх у часі, стійкість берегів у зоні водозабору;

- осінньо-зимовий режим джерела поповнення, характер льодо-шугових явищ у ньому;
- температурний режим води впродовж року, розвиток фітопланктону на різних глибинах;
- характерні особливості весняно-літніх повеней і вплив їх на водозабірні споруди.

При оцінці достатності водних ресурсів поверхневих джерел поповнення необхідно забезпечити нижче місця водовідбору гарантовану витрату води, необхідну в кожному сезоні року для задоволення потреб у воді розміщених нижче за течією водокористувачів, а також дотримання санітарних вимог щодо охорони джерел водопостачання.

У разі недостатньої витрати води для поповнення в поверхневому джерелі слід передбачати регулювання стоку або його перекидання з інших, більш багатоводних поверхневих джерел.

6.1.11 Тип і схеми розміщення водозабірних споруд необхідно вибирати виходячи з геологічних, гідрологічних і санітарних умов району, що вивчається.

При проектуванні водозабору на джерелі поповнення необхідно враховувати взаємодію його з існуючими водозаборами і тими, що проектуються на сусідніх ділянках, а також їх вплив на навколишнє природне середовище.

Водозабірні споруди поверхневих вод повинні:

- забезпечити відбирання води з джерела (річки, озера, каналу) розрахункових витрат води та подачу її на поповнення;
- захистити систему водоподачі від потрапляння до неї наносів, сміття, планктону, шуго-льоду тощо;
- на водоймищах рибогосподарського значення задовольняти вимогам органів охорони рибних запасів.

Вибір схеми і місця розміщення водозабору повинен обґрунтовуватись прогнозами:

- якості води в джерелі поповнення;
- переформування русла або узбережжя.

Не допускається розміщення водоприймачів на ділянках можливого руйнування берега, накопичення планктону і водоростей, виникнення шуго-зажорів та заторів.

Слід уникати розміщення водозаборів у верхів'ях водосховищ.

Розміри основних елементів водозабірної споруди, а також розрахунковий мінімальний рівень води повинні визначатись гідравлічними розрахунками при мінімальних рівнях води у джерелі поповнення для нормального експлуатаційного і аварійного режиму роботи.

Низ водоприймальних отворів водозабору повинен розміщуватися вище дна водоймища або водотоку не менше, ніж на 0,5 м, верх – на відстані не менше 0,2 м від нижньої кромки криги.

Водозабір слід проектувати з урахуванням його розвитку в перспективі.

6.1.12 При оцінці додаткових джерел (місцевого, зливого і талого стоку, водовідливу гірничорудних підприємств, шахт і водознижувальних установок, окремих категорій стічних вод, технічних скидів при зрошенні тощо) враховується їх об'єм, режим, мінера-

лізація, техніко-економічні та санітарно-гігієнічні умови їх використання. При відповідних умовах як джерело поповнення слід розглядати підземні води інших водоносних горизонтів. Найбільш ефективним при цьому буде створення умов перетікання ґрунтових або слабонапірних вод у водоносний горизонт, що експлуатується.

6.1.13 Необхідний ступінь підготовки води для подачі її на інфільтрацію визначається шляхом порівняння вимог до якості води, яка подається на поповнення, і відібраної води, яка йде споживачам.

## **6.2 Водогосподарське обґрунтування**

6.2.1 Необхідність створення систем ШППВ повинна обґрунтовуватися на підставі вивчення водогосподарських умов відповідних територій і окремих об'єктів, де існують або прогножуються дефіцити води. Основними водоспоживачами при цьому можуть бути об'єкти господарсько-питного, промислового та сільськогосподарського водопостачання, зрошення земель тощо.

6.2.2 Водогосподарські умови та дефіцит води на значних територіях визначаються на основі воднобалансових розрахунків у відповідних Схемах комплексного використання та охорони водних ресурсів (СКВОБР), для локальних об'єктів – в окремих розділах проекту ШППВ. Основні вимоги і методику розробки водогосподарського балансу викладено у ВТЕН-33.5.1. Розрахунки водогосподарського балансу виконуються двома етапами. На першому етапі водогосподарський баланс складається з урахуванням існуючих водних ресурсів і дефіциту води на задані періоди, на другому – з розробкою і урахуванням спеціальних заходів щодо збільшення водних ресурсів, доступних для використання, у тому числі із застосуванням ШППВ.

У випадку відсутності воднобалансових розрахунків останні для окремих локальних об'єктів повинні розроблятися у відповідному розділі проектної документації на проектування системи ШППВ.

6.2.3 Складовими елементами водогосподарського балансу є дані стосовно водних ресурсів (поверхневі та підземні води): їх якість, об'єми і графік сучасного і перспективного водоспоживання. На підставі воднобалансових розрахунків визначається дефіцит води для окремих зон і конкретних водоспоживачів на задані часові рівні певної водозабезпеченості.

6.2.4 Відповідно до дефіцитів води повинен передбачатися комплекс заходів щодо їх покриття, включаючи створення систем ШППВ, визначається перелік об'єктів будівництва на розрахункові часові рівні, виділяються об'єкти першої черги, передбачається комплекс природоохоронних заходів для усунення можливого шкідливого впливу поверхневих вод на якість підземних вод. Визначаються природні та техногенні джерела забруднення, вивчається можливість зміни якості підземних вод у процесі їх експлуатації в системі ШППВ.

## 7 ГІДРОГЕОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

### 7.1 Загальні положення

7.1.1 Складність геологічної будови, гідрогеологічних умов ділянок підземних вод визначається такими критеріями: характером залягання і будови водоносних горизонтів, особливостями формування експлуатаційних запасів підземних вод і гідрохімічної обстановки, мінливістю потужності і фільтраційних властивостей водовмісних порід, а також геолого-технічними умовами експлуатації, водогосподарськими і еколого-геологічними умовами.

З урахуванням цього, ділянки питних і технічних підземних вод, які передбачаються для розробки окремими водозаборами, поділяються на три групи:

*Перша група.* Ділянки з простими гідрогеологічними, водогосподарськими, еколого-геологічними і гірничо-геологічними умовами, які характеризуються спокійним заляганням водоносних горизонтів, витриманою потужністю та однорідними фільтраційними властивостями водовмісних порід, простими гідрохімічними умовами. Основні джерела формування запасів підземних вод і їх зміни при експлуатації можуть бути кількісно визначені в процесі розвідувальних робіт. Можливе проведення обгрунтованого прогнозу впливу водовідбору, що планується, на довкілля. Розвідувальні роботи і освоєння запасів можливі без застосування спеціальних технологій, що потребують великих витрат, або недостатньо опрацьованих технологій.

*Друга група.* Ділянки зі складними гідрогеологічними, водогосподарськими, еколого-геологічними і гірничо-геологічними умовами, які характеризуються складністю геологічної будови, значною мінливістю потужностей і неоднорідністю фільтраційних властивостей водовмісних порід, складними гідрохімічними умовами, за яких можливі зміни якості води можуть бути встановлені наближено розрахунковим шляхом. Частина джерел формування експлуатаційних запасів підземних вод і їх зміна під час експлуатації визначається надійно, а частина може бути встановлена наближено. Можлива оцінка змін деяких умов навколишнього природного середовища. Застосування спеціальних технологій під час розвідки запасів необхідне в обмежених обсягах.

*Третя група.* Ділянки з дуже складними гідрогеологічними, водогосподарськими, еколого-геологічними і гірничо-геологічними умовами, які характеризуються дуже складною геологічною будовою, обмеженим (осередковим) поширенням водоносних горизонтів, великою мінливістю потужностей і фільтраційних властивостей водовмісних порід, дуже складними гідрохімічними умовами, за яких можливі зміни якості води та впливу водозабору на довкілля можуть бути передбачені тільки на підставі аналізу загальної гідрогеологічної і водогосподарської обстановки або за аналогією з подібними родовищами, що експлуатуються. Джерела формування запасів підземних вод можуть бути оцінені лише наближено. Проведення розвідувальних робіт можливе лише за умови застосування спеціальних технологій, що потребують великих витрат (довготривалі відкачки, глибокі свердловини складної конструкції, унікальне обладнання, променеподібні водозабори). До

цієї самої групи належать родовища, які потребують штучного поповнення запасів підземних вод.

7.1.2 Під час визначення групи складності родовища для зарахування його до групи більш високої складності достатньо, щоб хоч один із зазначених вище критеріїв відповідав цій групі.

7.1.3 Балансові експлуатаційні запаси родовищ (ділянок) повинні бути затверджені ДКЗ України.

Затверджені в установленому порядку балансові експлуатаційні запаси питних підземних вод на ділянках, що розвідані для задоволення першочергової потреби у воді повинні мати таке співвідношення категорій розвіданості (таблиця 7.1).

Таблиця 7.1

*У відсотках*

Категорія запасів	Групи родовищ за складністю геологічної будови		
	1-ша група	2-га група	3-тя група
A+B	80	60	60
в тому числі A не менше	40	20	-
C <sub>1</sub>	20	40	40

7.1.4 Балансові запаси, призначені для задоволення перспективної потреби у воді необхідно, щоб були розвідані не нижче категорії C.

7.1.5 Можливість промислового освоєння і використання розвіданих ділянок усіх груп при менших співвідношеннях балансових запасів високих категорій у порівнянні із зазначеними встановлює ДКЗ України під час експертизи матеріалів підрахунку запасів.

7.1.6 У відповідності з загальноприйнятою стадійністю гідрогеологічних розвідувальних робіт вишукування на ділянках нових водозаборів в системах ШППВ поділяються на пошукові (початкові), попередні та детальні.

На діючих водозаборах, при їх реконструкції або розширенні та удосконаленні, вишукування звичайно виконуються в дві стадії – попередню та детальну.

7.1.7 Основним призначенням пошукової стадії є загальне висвітлення природних умов району і визначення принципової можливості обладнання водозаборів підземних вод з штучним поповненням запасів.

Результати робіт пошукової стадії є основою для рішення питання техніко-економічної доцільності задоволення потреб водопостачання району, що розглядається, підземними водами з улаштуванням ШППВ в порівнянні з поверхневими водними джерелами; вони використовуються для планування розвідувальних гідрогеологічних робіт і водогосподарських заходів при складанні первісних схем водопостачання.

7.1.8 Завданням попередньої розвідки є визначення можливих експлуатаційних запасів підземних вод стосовно до водозаборів систем ШППВ в межах ділянок, виявлених за даними пошукових робіт.

7.1.9 Матеріалами попередньої розвідки обґрунтовуються проектні роботи на стадіях ТЕО або ТЕД і генеральних схем водопостачання.

7.1.10 Детальні вишукування виконуються на вибраних найперспективніших ділянках розміщення водозаборів і всього комплексу споруд в системах ШППВ. Результати детальної розвідки використовуються для складання техно-робочого проекту водопостачання.

7.1.11 У багатьох випадках, залежно від конкретних природних умов, ступеня їх складності й вивченості, окремі стадії вишукувань можуть бути виключені або об'єднані. Необхідні матеріали для проектування отримують на основі одночасного виконання вишукувальних робіт в обсязі, який відповідає вимогам проектувальних організацій.

7.1.12 Зміст, обсяг і технологія виконання робіт для вивчення геологічної будови гідрогеологічного та інженерно-геологічного обґрунтування об'єкта, що вивчається, повинні відповідати певній стадії передпроектних і проектних робіт.

## **7.2 Гідрогеологічне обґрунтування**

7.2.1 Відповідно до діючої методики гідрогеологічного обґрунтування заборів підземних вод дослідно-вишукувальні роботи провадяться послідовно за стадіями: прогноз-на, попередня розвідка, детальна розвідка, експлуатаційна розвідка.

Кожний з цих етапів гідрогеологічних робіт повинен відповідати певній стадії робіт для обґрунтування проекту водозабору з ШППВ відповідно до вимог ДБН А.2.2-3, СНиП 1.02.07, а також "Інструкції щодо застосування класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр та родовищ питних, технічних підземних вод".

7.2.2 Залежно від наявності матеріалів попередніх досліджень, стадійності проектно-вишукувальних робіт для ШППВ і природних умов окремі стадії гідрогеологічного обґрунтування можуть не виконуватись або суміщуватись.

Вивченість території при проектуванні об'єктів ШППВ повинна забезпечити достовірну оцінку геологічних і гідрогеологічних умов, природних і штучно створених запасів підземних вод, їх якість і умови експлуатації при обов'язковому дотриманні вимог охорони навколишнього природного середовища.

7.2.3 На прогнозній стадії визначається принципова можливість створення систем ШППВ, виходячи із загальних гідрогеологічних та інженерно-геологічних умов. Роботи, пов'язані з гідрогеологічним обґрунтуванням, виконуються переважно в камеральних умовах на підставі наявних архівних, фондових, літературних та інших матеріалів. В окремих складних випадках можуть виконуватись обстеження та вишукувальні роботи на площах перспективних зон і об'єктів для підтвердження і перевірки даних про гідрогеологічні умови території, що вивчається, оцінка яких була виконана в камеральних умовах. Проводиться збір, узагальнення і аналіз наявних геологічних та гідрогеологічних матеріалів з метою геолого-гідрогеологічного районування за умовами створення систем ШППВ. На цій стадії досліджень особливу увагу необхідно приділяти геоморфологічним і геолого-структурним умовам, а також літологічному складу, потужності та фільтраційним харак-

теристикам порід зони аерації і повного водонасичення. Для зон повного водонасичення необхідно з'ясувати в основних рисах потужність, умови залягання і розповсюдження водонесного горизонту та хімічний склад води.

Масштаб карт районування залежно від розмірів території, що вивчається, і складності умов приймається від 1:100000 до 1:500000.

За результатами оціночних робіт визначаються перспективні площі під системи ШППВ.

Прогнозна стадія гідрогеологічних робіт виконується для обґрунтування відповідного розділу при розробці ескізного проекту, науково-технічного обґрунтування.

Гідрогеологічне обґрунтування складається з пояснювальної записки і графічних матеріалів.

Прогнозні ресурси підземних вод кількісно оцінюються за спеціальними методиками, затвердженими в установленому порядку, на підставі загальних гідрогеологічних уявлень, регіональних досліджень, узагальнення та інтерпретації всього фактичного матеріалу, який є на період проведення підрахунку цих ресурсів.

В пояснювальній записці дається загальна гідрогеологічна характеристика району, який вивчається, і окремих, найбільш перспективних ділянок, виходячи з гідрогеологічних умов. Оцінюються принципові можливості створення систем ШППВ. Обґрунтовується необхідність і основні напрямки гідрогеологічних робіт на наступному етапі.

Графічні матеріали подаються у вигляді гідрогеологічної карти території, що вивчається, з виділенням перспективних зон для ШППВ і характерних регіональних розрізів.

7.2.4 На стадії попередньої розвідки підтверджується принципова оцінка можливостей ШППВ, дається оцінка експлуатаційних запасів підземних вод з урахуванням штучного поповнення. Здійснюється комплексна гідрогеологічна зйомка перспективної площі з метою вивчення умов формування і залягання водонесного горизонту.

На перспективних ділянках виконуються геофізичні дослідження з метою вивчення морфологічних характеристик водовмісних і водонепрохідних порід та радіаційної обстановки по геологічному розрізу, особливо в місцях розробки корисних копалин..

У процесі гідрогеологічного картування вивчається геоморфологія району. За даними пошукового буріння виявляють ділянки зі сприятливими умовами інфільтрації поверхневих вод у підземні горизонти. Оконтурюють площі поверхневого затоплення, площі надзаплавних терас у долинах річок.

Масштаб комплексного картування приймається від 1:10000 до 1:50000 залежно від складності геологічної будови і розмірів території, що вивчається. Обґрунтовується необхідність проведення розвідувальних робіт, буріння і опробування пошукових свердловин на визначених ділянках і, у разі потреби, ці роботи виконуються. Організовується вивчення режиму підземних і поверхневих вод, виконуються лабораторні дослідження якості води і порід. Проводяться філь-



траційні дослідження (відкачки зі свердловини, наливи в шурфи) з метою попереднього вивчення гідрогеологічних параметрів водоносного горизонту і порід зони аерації.

При проведенні камеральних робіт необхідно:

- вибрати і обґрунтувати ділянки під розвідку інфільтраційних площ і споруд;
- дати на підставі наближених розрахунків попередню гідрогеологічну оцінку вибраних ділянок;
- сформулювати попередні рекомендації щодо технологічної схеми системи поповнення.

Експлуатаційний дебіт постійно працюючого групового водозабору  $Q_3$ , тис.м<sup>3</sup>/добу, в умовах штучного поповнення і регулювання підземних вод визначається рівнянням

$$Q_3 = Q_n + Q_{ш}, \quad (7.1)$$

де  $Q_n$  – запаси підземних вод, які формуються у водоносному горизонті під впливом природних джерел живлення, тис.м<sup>3</sup>/добу;

$Q_{ш}$  – запаси підземних вод, які формуються у водоносного горизонті під впливом штучних джерел живлення, тис.м<sup>3</sup>/добу.

Запаси підземних вод залежно від рівня розвіданості та вивченості території, якості вод і умов експлуатації на стадії попередньої розвідки оцінюються за категорією  $C_2$  і  $C_1$  відповідно до детальності геолого-розвідувальних робіт і достовірності вихідних даних.

Гідрогеологічне обґрунтування на стадії попередньої розвідки входить складовою частиною у техніко-економічне обґрунтування водозабору з застосуванням ШППВ.

Обґрунтування подається пояснювальною запискою і графічними матеріалами, які містять результати перелічених вище робіт, висновки і рекомендації щодо проведення робіт на наступному етапі.

Стадія попередньої розвідки передбачає: визначення потужності водозабору, обґрунтування технологічної та технічної схеми, оцінку експлуатаційних запасів підземних вод з урахуванням намічених заходів, попередню оцінку джерел поповнення та санітарно-гігієнічних умов. Дослідження проводяться на конкретних площах вибраних ділянок. При цьому виконуються такі роботи: детальна гідрогеологічна зйомка ділянок в масштабі від 1:5000 до 1:10000 з наземними геофізичними дослідженнями, бурінням гідрогеологічних свердловин, а також дослідно-фільтраційними роботами для визначення фільтраційних характеристик порід зон аерації та повного водонасичення.

Комплекс зазначених досліджень виконується традиційними методами:

- буріння розвідувальних і спостережних гідрогеологічних свердловин з проведенням у розвідувальних свердловинах комплексу каротажних геофізичних досліджень, у тому числі резистивіметрового каротажу і витратометрії для оцінки фільтраційної неоднорідності водоносних порід по вертикальному розрізу;
- дослідні відкачування з розвідувальних свердловин;

- камеральна обробка матеріалів вишукувальних та дослідних робіт з підрахунком експлуатаційних запасів і затвердження їх у ДКЗ або ТКЗ;

- оцінка джерел поповнення.

Оцінка гідродинамічних і гідрохімічних процесів, які відбуваються у поповнюваному водоносному горизонті, виконується на підставі прогнозу роботи системи ШППВ. Для простих геолого-гідрогеологічних умов і нескладних об'єктів прогноз виконується аналітичними методами, для складних – на підставі математичного моделювання.

Гідрогеологічне обґрунтування на стадії попередньої розвідки відповідає стадії проект (робочий проект) і входить відповідним розділом до проекту (робочого проекту) водозабору з ШППВ та створенням ПВ.

7.2.5 Детальна розвідка виконується з метою оцінки експлуатаційних запасів підземних вод з урахуванням їх поповнення за категоріями В і С<sub>1</sub>, підготовки вихідних матеріалів для розробки робочої документації, розробки програми подальших досліджень на водозаборі.

Розвідувальні гідрогеологічні роботи на цій стадії, якщо можливо, слід об'єднувати зі стадією будівництва основних об'єктів системи ШППВ.

При детальній розвідці виконується такий комплекс польових і лабораторних робіт:

- буріння розвідувально-експлуатаційних свердловин з відкачками з них;
- комплекс фільтраційних робіт на відповідних об'єктах (басейни, свердловини);
- буріння мережі спостережних свердловин, їх опробування;
- спостереження за режимом підземних вод;
- детальне дослідження якості підземних вод відповідно до діючих нормативних вимог;
- буріння експлуатаційних свердловин відповідно до проекту, їх опробування;
- проведення дослідно-експлуатаційного відкачування на водозабірних свердловинах і відповідні режимні спостереження. Одержані дані одно- і дворічних спостережень розглядаються як продовження групових відкачок, що дає можливість вирішити основне завдання детальної розвідки – переведення запасів підземних вод у промислові категорії;
- подовжене дослідно-експлуатаційне відкачування з бурових свердловин для переведення розвіданих запасів у вищі категорії слід суміщати з пуском в експлуатацію обладнаних водозабірних свердловин;
- організація проведення досліджень режиму підземних та поверхневих вод з визначенням дебітів експлуатаційних свердловин, динаміки рівня підземних вод, їх якості та температури;
- детальне обґрунтування джерел поповнення;
- камеральна обробка одержаних матеріалів для узагальнення, перерахунку експлуатаційних запасів підземних вод, а також прогнозової кількісної оцінки збільшення потужності водозабору;
- подання в Державний комітет запасів (ДКЗ) матеріалів розвідки для затвердження запасів підземних вод.

Результати робіт, пов'язаних з детальною розвідкою водозабору з впровадженням системи ШППВ та ПВ, викладаються у відповідному звіті.

7.2.6 Експлуатаційна розвідка передбачає розробку рекомендацій щодо раціонального режиму експлуатації системи ШППВ; рекомендацій щодо удосконалення методики розвідки і використання досвіду експлуатації з метою обґрунтування раціонального режиму експлуатації, охорони довкілля в зоні впливу системи ШППВ.

При цьому провадиться додаткова розвідка водозабору на суміжних ділянках зі створенням розвідувальних і спостережних свердловин, геофізичними дослідженнями. Ведуться спостереження за режимом експлуатації водозабору і системи штучної інфільтрації (вивчення режиму підземних і поверхневих вод), проводиться порівняльна оцінка даних спостережень і досвіду експлуатації водозабору. Розвідані експлуатаційні запаси питних і технічних підземних вод оцінюються за категорією А і В.

Результати робіт при експлуатаційній розвідці викладаються в окремому звіті, який використовується для розробки інструкції щодо експлуатації водозабору з системою ШППВ.

7.2.7 При вивченні гідрогеологічних умов відповідно до конкретних завдань вишукувальних і дослідних робіт необхідно встановити:

- наявність водоносних горизонтів, які впливають на загальний гідрогеологічний режим у місці створення систем поповнення і на умови створення систем ШППВ;
- умови залягання водоносних горизонтів і площ пролягання та гідравлічні особливості цих горизонтів; склад і фільтраційні характеристики водовмісних і водонепрохідних ґрунтів і зон аерації;
- змінність гідрологічних умов у плані та розрізі;
- граничні умови у плані та розрізі;
- закономірності руху підземних вод;
- основні джерела і умови живлення та розвантаження підземних вод;
- хімічний склад поверхневих вод та його вплив на фільтраційну здатність систем ШППВ;
- хімічний склад підземних вод та його вплив на інженерні споруди і на якість вод, які будуть сформовані при штучному поповненні;
- гідравлічний взаємозв'язок підземних вод з водами водоносних горизонтів, що залягають нижче, і поверхневими водами та режим поверхневих вод;
- вплив техногенних факторів на зміну гідрогеологічних умов тощо.

У складі гідрогеологічних досліджень необхідно виконати гідрохімічні роботи для визначення хімічного складу підземних і поверхневих вод з метою оцінки закономірностей формування якості штучно створених підземних вод, впливу їх на розвиток геологічних процесів (карст, хімічна суфозія тощо), виявлення ареалу і джерел забруднення підземних вод, визначення агресивності щодо бетону і корозійної активності щодо металів.

Відбирання, зберігання, транспортування та аналіз проб води, призначеної для питного водопостачання, слід здійснювати відповідно до переліку нормативних документів,

наведених в "Інструкції щодо застосування класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод".

Відбирання проб води на аналізи необхідно обґрунтовувати у програмі робіт.

7.2.8 Стаціонарні спостереження за окремими елементами геологічного середовища необхідно виконувати з метою одержання кількісних характеристик для їх оцінки і даних для розробки прогнозу змін інженерно-геологічних умов.

Стаціонарні спостереження слід починати вже на передпроектних стадіях і ведення моніторингу продовжувати на стадії розробки проекту і робочої документації відповідно до розробленої та узгодженої замовником (інвестором) програми. При цьому кількість пунктів спостережень за режимом підземних вод та їх розміщення в плані і в розрізі необхідно встановлювати виходячи з характеру завдань, які вирішуються, складності гідрогеологічних умов, рівня вивченості.

7.2.9 Гідрогеологічні дослідження слід виконувати у комплексі з іншими видами геологічних робіт. Кількість дослідів для визначення гідрогеологічних параметрів та інших гідрогеологічних залежностей необхідно визначати з урахуванням гідрогеологічної вивченості, складності гідрогеологічних умов досліджуваної території, завдань гідрогеологічних досліджень, інтенсивності змін гідрогеологічних параметрів у плані та по глибині.

У простих гідрогеологічних умовах слід здійснювати пробні та дослідні відкачки, а на більш відповідальних ділянках – кушові відкачки.

В складних умовах виконуються всі види відкачок, включаючи дослідно-експлуатаційні.

Кількість хімічних аналізів повинна бути достатньою для висвітлення гідрохімічних умов водоносного горизонту як по площі й глибині, так і в часі (за сезонами року).

Гідрохімічне опробування свердловин у процесі будь-якого виду відкачок є обов'язковим. Кількість проб, що відбираються у ході відкачування, визначається залежно від мети досліджень і терміну проведення відкачок.

Під час пошуково-розвідувальних робіт потрібно одержати дані, які характеризують як природний режим підземних вод за сезонами року і в багаторічний період, так і порушений режим у районах діючих водозаборів.

Перелік і допустимі концентрації забруднюючих компонентів встановлюються Міністерством охорони здоров'я України.

У районах з можливим забруднення підземних вод внаслідок впливу конкретних забруднювачів необхідно визначити характерні забруднюючі компоненти і узгодити їх з місцевими органами державної санітарно-епідеміологічної служби.

7.2.10 Підрахунок експлуатаційних запасів і прогнозних ресурсів підземних вод в системах ШППВ виконується відповідно до "Інструкції щодо застосування класифікації запасів і ресурсів корисних копалин державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод".

### 7.3 Досвід геолого-гідрогеологічного районування Рівнинного Криму за умовами створення підземних водосховищ

7.3.1 Досвід досліджень інституту “Укрводпроект” свідчить, що в Рівнинному Криму є принципова можливість сезонного та багаторічного регулювання залишкового стоку ПКК в підземних ємкостях. Гідрогеологічні умови тут дуже сприятливі для створення підземних водосховищ: товща пористих тріщинуватих вапняків понт-меотіс-сарматських відкладів підстелюються регіональним водонепроникним шаром, який представлений нижньосарматськими глинами. При цьому зона аерації вапняків досягає 50-70 м, що відкриває можливість акумуляції в цих горизонтах великих об'ємів води. Крім того, відпадає необхідність затоплення земель, підземне джерело водоспоживання надійніше захищене від зовнішніх впливів, якість води краща тощо.

7.3.2 В основу районування покладено принцип комплексного врахування геолого-структурних геоморфологічних і гідрогеологічних особливостей території, які визначають природні умови для створення підземних водосховищ. Основними показниками при районуванні є: наявність ємкостей-колекторів для магазинування або поповнення, умови залягання геолого-літологічних комплексів, фільтраційні та колекторські властивості порід, засоленість ґрунтів зони аерації та мінералізація підземних вод, умови живлення, формування і взаємозв'язок між водоносними горизонтами і поверхневими водами, гідродинамічний та гідрохімічний режим, ступінь природної дренажності підземних вод.

Критерії оцінки геолого-гідрогеологічних умов для створення підземних водосховищ наведено в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2

Умовні категорії	Критерії оцінки				Ступінь складності гідрогеологічної будови
	Водопроникність, м <sup>2</sup> /добу	Мінералізація підземних вод, г/л	Ступінь засоленості ґрунтів зони аерації	Дренажність підземних вод, % до водоподачі	
Надто сприятливі	Понад 5000	Менше 1,0	незасолені	Практично не дренажовані	Прості
Сприятливі	500-200	1,0-1,5	слабозасолені	Слабодренажовані 0-15	Прості
Малосприятливі	200-100	1,5-3,0	середньозасолені	Середньодренажовані 15-30	Середньої складності
Несприятливі	Менше 100	Понад 3,0	Дуже засолені	Інтенсивно дренажовані > 30	Складні

7.3.3 Найперспективніші площі для створення підземних водосховищ є на Тарханкутській підвищеній ерозійно-денудаційній рівнині.

За гідрогеологічними умовами і способом фільтрації підземні водосховища на цій території створюються при вільній інфільтрації з поверхні землі, з басейнів, каналів, ставів, русел річок та ін.

Тарханкутська рівнина є областю живлення основного неогенового водоносного комплексу. В цих умовах фільтраційні втрати зі створюваних підземних водосховищ будуть поповнювати запаси Північно-Сиваського і Альмінського родовищ підземних вод.

У межах Присиваської та Альмінської акумулятивної та денудаційно-акумулятивної рівнин основний неогеновий водоносний комплекс представлений закарстованими вапняками понту-сармату, які залягають на відносно великих глибинах (160- 180 м) і віддалені від поверхні землі водонепроникними шарами.

У цих природних умовах підземні водосховища в основному можливо створювати при напірній інфільтрації через вбирні свердловини або колодязі, і тільки на межі напірних і безнапірних підземних вод на ділянках лдолин річок або великих балок можлива вільна інфільтрація у водоносний шар з поверхні землі.

Відсутність вільної ємкості у вапняках неогену або порівняно невелика потужність зони аерації (2-3 м) не дає можливості зарегулювати значні об'єми води вільною інфільтрацією у водоносний шар. Штучні запаси підземних вод території, що розглядається, створюються за рахунок підвищення напору у водоносному шарі і збільшення пружних запасів підземних вод.

Велика водопровідність водоносного шару (понад 500-1000 м<sup>2</sup>/добу) значно збільшує швидкість спрацювання п'єзометричного напору і відповідно пружних запасів. У цих умовах необхідно постійно підтримувати п'єзометричний напір у водоносному шарі.

## **8 ПРОГНОЗ ЯКОСТІ ВОДИ В СИСТЕМАХ ШППВ**

### **8.1 Загальні вимоги до якості води**

8.1.1 Системи ШППВ повинні проектуватися так, щоб забезпечити якість води відповідно до вимог водокористувача. У водозаборах для господарсько-питного водопостачання, якість води повинна відповідати вимогам ГОСТ 2874-82: використовувати прісні підземні води (1000 мг/дм<sup>3</sup>), в окремих випадках допускається використання підземних вод з сухим залишком до 1500 мг/дм<sup>3</sup>; забезпечувати безпеку її в епідемічному відношенні, нешкідливість хімічного складу і сприятливі органолептичні властивості.

Зазначені вимоги ГОСТ встановлюються за такими показниками:

- а) бактеріологічні (загальна кількість бактерій, кількість бактерій групи кишкової палички);
- б) органолептичні (запах, присмак, кольоровість, каламутність);
- в) вміст хімічних речовин, які є в природних водах або додають до води в процесі її обробки у вигляді реагентів (загальна твердість, сухий залишок, хлориди, сульфати, залізо, марганець, мідь, цинк, берилій, молібден, мишьяк, нітрати, свинець, селен, стронцій, фтор, уран природний і уран-238, радій-226, стронцій-90, поліакриламід, залишковий алюміній, гексаметафосфат, триполіфосфат);
- г) вміст хімічних речовин, які потрапляють в поверхневі і підземні води з побутовими промисловими і сільськогосподарськими забрудненнями (нафтопродукти, феноли,

поверхнево-активні речовини (ПАР), отрутохімікати та ін.).

При цьому необхідно максимально використовувати очисну і захисну здатність ґрунту при інфільтрації.

Якість води у водозаборах у системах ШППВ залежить від якості води, яка надходить на інфільтрацію, характеру і рівня зміни окремих її показників у процесі інфільтрації, якості природних підземних вод і ступеня їх змішування з інфільтраційними водами.

8.1.2 Залежно від характеру впливу окремих показників якості води у джерелі поповнення вони класифікуються на такі, що:

- впливають на кольматацію поверхні інфільтраційних споруд – каламутність, залізо;
- впливають на якість одержуваної води безпосередньо на водозаборі: окислюваність, хлориди, сульфати, твердість, бактеріологічні показники, феноли, ПАР, нафтопродукти, мідь, цинк тощо;
- зумовлюють зміни якості одержуваної води в процесі інфільтрації. Найбільш важливими з них є розчинений кисень, вільна вуглекислота, фосфати, температура;
- зумовлюють зміни якості одержуваної води і впливають на кольматацію – планктон.

8.1.3 Для забезпечення необхідної якості води необхідно передбачати відповідні заходи у системах ШППВ. До таких заходів належать: подача на інфільтраційні споруди води тільки певної якості та, у разі потреби, попереднє часткове очищення поверхневих вод.

Для вибору заходів щодо забезпечення необхідної якості води у системі ШППВ визначаються такі розрахункові параметри: кількість води, яка надходить з джерела поповнення, необхідний рівень попереднього очищення води на відповідних спорудах, час захисної дії ґрунту за значеннями показників якості води.

8.1.4. Поверхнева і природна підземна води за складом і властивостями можуть відрізнятися від вимог ГОСТ 2874. Тому після їх повного або часткового змішування у водоносному шарі і водозабірній споруді, а також внаслідок процесів фізико-хімічної взаємодії поверхневої води з підземними водами і ґрунтами водоносного горизонту, що експлуатується, вода, що відбирається для подачі споживачу, повинна мати якість, яка відповідає зазначеним вимогам

Якщо цього не досягається, слід здійснювати відповідне очищення води, склад і методи виробництва якої регламентується п.7 ВБН 46/33-2.5-5. При цьому залежно від конкретних умов може передбачатися попереднє очищення поверхневої води (до подачі її на інфільтрацію) або подальше очищення змішаної води після відкачування її з водозабору (перед поданням споживачу).

## **8.2 Розрахункові показники якості води поверхневих джерел**

8.2.1 Розрахункові показники якості води джерела поповнення  $C_{роз}$ , мг/дм<sup>3</sup>, необхідно визначати з урахуванням особливостей роботи системи поповнення за розрахунковий час подачі води на інфільтраційні споруди.

Залежно від впливу того або іншого показника якості води на процеси кольтатації та зміни якості води його значення  $C_{роз}$  приймається:

– для показників, що визначають основний вплив на інтенсивність кольтатації (каламутність, залізо та ін.), – за середнім значенням  $C_c$ , мг/дм<sup>3</sup>:

$$C_{роз} = C_c; \quad (8.1)$$

– для показників, що впливають на якість одержуваної води (кольоровість, окислюваність, бактеріологічні показники, хімічні інгредієнти та ін.), – за максимальним значенням  $C_{макс}$ , мг/дм<sup>3</sup>:

$$C_{роз} = C_{макс}. \quad (8.2)$$

Розрахунковий час подачі води на інфільтраційні споруди  $t_{роз}$  визначається за виразом

$$t_{роз} = 365 - (\sum t_c + \sum t_o + t_{пер}) \text{ діб}, \quad (8.3)$$

де:  $t_c$  – час спорожнення басейну, діб;

$t_o$  – час на очищення басейнів, діб;

$t_{пер}$  – перерви у подаванні води з різних причин (періоди повені, різкий підйом рівня ґрунтових вод, погіршення окремих показників якості води – цвітіння, каламутність, окислюваність, поява промислових забруднень тощо), діб.

При визначенні значень  $C_{роз}$  слід враховувати дані стосовно якості води за конкретні календарні строки роботи інфільтраційних споруд.

8.2.2 Якість води, яка надходить на поповнення повинна відповідати вимогам, наведеним у таблиці 8.1.

Ці вимоги враховують вплив окремих показників на роботу інфільтраційних споруд і на якість одержуваної в процесі інфільтрації води залежно від місцевих гідрогеологічних та інших умов (схеми водозабору, відстані від інфільтраційних до водозабірних споруд тощо).

Вимоги до якості води, наведені вище, є орієнтовними і можуть уточнюватись відповідно до місцевих умов і вимог санітарно-епідеміологічної служби.

Концентрації інших речовин не повинні перевищувати гранично допустимі концентрації (ГДК) для води поверхневих водойм господарсько-питного використання.

Допустиме значення каламутності води, яка подається на поповнення, може уточнюватись розрахунками за формулою

$$M = \varphi / \nu_{cp} t_{роз} \text{ кг/м}^3, \quad (8.4)$$

де:  $\varphi$  – мулове навантаження при певному ефективному діаметрі ґрунту  $d_{ef}$ , кг/м<sup>2</sup>;

$\nu_{cp}$  – швидкість інфільтрації, м/добу;

$t_{роз}$  – розрахунковий час подачі води на інфільтрацію, діб.

Мулове навантаження  $\varphi$  може визначатися на об'єктах-аналогах за результатами досліджень на фільтраційних колонках.

Орієнтовне значення допустимої каламутності води, що подається, може прийматися за графіком залежно від заданого періоду фільтрації.



Таблиця 8.1 - Вимоги до якості води, що подається на інфільтраційні споруди

Показник якості води	Вимоги до якості води
Показники, що впливають на кольматацию ґрунту	
Каламутність, мг/дм³	При фільтрації через ґрунти з $d_{ef}=0,5-1,0$ мм – 20
Залізо, мг/дм³	Не більше 3
Показники, що впливають на якість одержуваної води	
Кольоровість $S_{ГОСТ} \leq 20$ град.	Визначається ступенем розбавлення природними підземними водами. У випадку відсутності розбавлення природними водами при 50%-ному вмісті гумінових кислот – не більше 60 град; при меншому їх вмісті – не більше 40 град
Органічні речовини: перманганатна окислюваність, мг/л $O_2$ біхроматна окислюваність, мг/л $O_2$	не більше 15 не більше 30
Бактеріальні забруднення: колі-індекс загальна кількість бактерій в 1 см³ при $d_{ef}$ , мм: 0,5 – 1 0,15 – 0,3	не більше 100000  1000 5000
Феноли, мг/дм³	не більше 0,001
ПАР, мг/дм³	" 0,5
Нафтопродукти, мг/дм³	" 1,5, у тому числі розчинних фракцій не більше 0,3
Свинець, мг/дм³	не більше 0,1
Мідь, мг/дм³	" 1
Миш'як, мг/дм³	" 0,05
Цинк, мг/дм³	" 5
Пестициди, мг/дм³: ДДТ Поліхлорпілен Хлорофос	" 0,1 " 0,2 " 0,05
Хлориди, мг/дм³ $S_{ГОСТ} < 350$	Визначається ступенем розчинення природними підземними водами
Сульфати, мг/дм³ $S_{ГОСТ} < 500$	
Твердість загальна, мг-екв/дм³ $S_{ГОСТ} < 7$	
Показники, що зумовлюють зміни якості води в процесі інфільтрації	
Розчинений кисень, мг/дм³	Максимальне насичення води при даній температурі
Вільна вуглекислота, м/дм³	Максимально можливе значення
Фосфати, мг/дм³	До 1
Температура, °C	До 25° з короткочасним підвищенням до 30°
Показники, які впливають на кольматацию ґрунту і на якість води в процесі фільтрування	
Планктон, кл/см³	Не більше 10000

Допустимі значення кольоровості води, що подається, уточнюються розрахунками з урахуванням її складових (гумінових або фульвокислот) і розбавлення природними підземними водами.

Показник твердості води, що подається, вміст в ній хлоридів і сульфатів обмежуються відповідно до розрахунків з урахуванням умов змішування з природними водами.

8.2.3 Оцінка бар'єрної дії системи ШППВ відносно специфічних забруднень, концентрація яких у воді джерела в окремі періоди перевищує зазначені вище, виконується на підставі розрахунків для визначення часу захисної дії ґрунту.

### 8.3 Методи і схеми підготовки води поверхневих джерел

8.3.1 Попередня підготовка води передбачається тоді, коли якість води поверхневого джерела виходить за межі вимог до якості води, яка подається на інфільтраційні споруди.

Порівняння вимог до якості води, яка подається на інфільтрацію, і даних стосовно якості води в джерелі поповнення визначає ступінь очищення води на спорудах попередньої підготовки і обчислюється з виразу

$$\Delta C = C_{розр} - C_t, \quad (8.5)$$

де  $C_{розр}$  – розрахункове значення показника для води джерела поповнення у відповідних одиницях;

$C_t$  – допустиме значення показника для води, яка подається на інфільтраційні споруди.

Методи попередньої підготовки наведено в таблиці 8.2.

Вода, яка за основними показниками відповідає вимогам до якості води, що надходить на інфільтрацію, практично не потребує попередньої підготовки. Одержати воду необхідної якості на водозаборі можна тільки за рахунок її очищення в процесі інфільтрації.

8.3.2 При проектуванні систем ШППВ особливу увагу слід приділяти питанням збагачення води, яка надходить на інфільтрацію, киснем шляхом її інтенсивної аерації на спеціальних пристроях.

Спрощена аерація може відбуватись при вільному виливі води в інфільтраційні басейни.

Для води з середньою каламутністю (до 100 мг/дм<sup>3</sup>), яка може бути просвітлена до ступеня, передбаченого вимогами, передбачається використання ковшів на місцевих водозаборах, земляних або інших відстійників, загат, попередніх фільтрів.

Для вод з інтенсивною кольоровістю, підвищеною окислюваністю, а також при використанні джерел з сильним бактеріальним забрудненням рекомендується виконувати реагентне очищення із застосуванням контактних просвітлювачів, прямоточного або двоступінчастого фільтрування на швидких фільтрах.

При підвищеній каламутності води (від 400 до 500 мг/дм<sup>3</sup>) слід передбачити її попереднє відстоювання у ковшах, загатах або спеціальних відстійниках до надходження на контактні просвітлювачі або швидкі фільтри.

Таблиця 8.2 – Вибір методів і схем попередньої підготовки води у системах ШППВ

Загальна характеристика води в джерелі поповнення	Основні показники якості води у джерелі поповнення	Метод попередньої підготовки води	Основне призначення підготовки води	Схема і склад споруд для підготовки води	Особливості конструкції споруд
Малокаламутна кольорова вода	Показники задовольняють вимогам щодо якості води, яка надходить на поповнення	Аерація	Максимально можливе насичення води киснем	Конструкції для аерації (вільний злив, каскади, дощування тощо) безпосередньо в місці подачі води в інфільтраційні басейни	-
Кольорова вода середньої каламутності	Каламутність до 100 мг/дм <sup>3</sup> , інші показники у межах вимог до якості води, яка надходить на поповнення	Відстоювання, аерація	Просвітлення води заданих значень. Додаткове насичення води киснем	Загати, ковші, відкриті відстійники, споруди для аерації	При застосуванні відкритих відстійників вони можуть влаштовуватись у ґрунті з непроникним дном і суміщуватись з інфільтраційними басейнами
		Фільтрування (без коагуляції), аерація	Те саме	Швидкі крупнозернисті фільтри різних типів, споруди для аерації	Швидкі крупнозернисті фільтри при застосуванні їх тільки в періоди плюсових температур
Кольорова вода з підвищеною каламутністю	Каламутність до 400-500 мг/дм <sup>3</sup> , інші показники у межах вимог до якості води, яка надходить на поповнення	Відстоювання, фільтрування, аерація	Те саме	Загати, ковші, відстійники, швидкі крупнозернисті фільтри, споруди для аерації	Те саме

Закінчення таблиці 8.2

Загальна характеристика води в джерелі поповнення	Основні показники якості води у джерелі поповнення	Метод попередньої підготовки води	Основне призначення підготовки води	Схема і склад споруд для підготовки води	Особливості конструкції споруд
Вода з середньою каламутністю, високою кольоровістю, окислюваністю і бактеріологічними показниками	Каламутність до 150 мг/дм <sup>3</sup> , кольоровість, окислюваність, бактеріологічні показники перевищують значення допустимих вимог	Контактне просвітлення, двоступеневе фільтрування, аерація	Просвітлення води, знебарвлювання, зменшення окислюваності і бактеріологічних показників, додаткове насичення води киснем	Контактні просвітлювачі, контактні префільтри, фільтри, пристрої для приготування і дозування коагулянту, пристрої для аерації	При періодичній роботі контактних просвітлювачів у періоди плюсових температур вони можуть влаштовуватися відкритими і розміщуватися поза будівлями
Вода з короткочасним підвищенням кількості промислових забруднень	Вміст фенолу, ПАР, цинку, міді та інших речовин перевищує значення, допустимі вимогами до якості води, яка надходить на поповнення	Допускається короткочасне підвищення вмісту інгредієнтів при додержанні часу захисної дії, або періодичне короткотермінове припинення подачі води			
Вода з високим вмістом планктону	Вміст планктону перевищує 10000 кл/мл, інші показники у межах вимог	Мікрофільтрація, аерація	Усунення з води планктону. Додаткове насичення води киснем	Мікрофільтри, обладнання для аерації	Швидкі крупнозернисті фільтри при їх застосуванні тільки у періоди позитивних температур
Малокаламутна вода з високою кольоровістю, окислюваністю, бактеріологічними показниками	Кольоровість, окислюваність, бактеріологічні показники перевищують значення, допустимі вимогами до якості води, яка надходить на інфільтрацію	Прямоточне фільтрування, контактне освітлення, двоступеневе фільтрування, аерація	Знебарвлювання води, зменшення окислюваності та бактеріологічних показників. Додаткове насичення води киснем	Прямоточні фільтри, контактні просвітлювачі, контактні префільтри, фільтри, обладнання для приготування і дозування коагулянту, обладнання для аерації	При роботі фільтрів і контактних освітлювачів у періоди плюсових температур вони можуть влаштовуватися відкритими і розміщуватися за межами будівель

При наявності у воді джерела поповнення підвищеної кількості планктону (понад 10000 мг/дм<sup>3</sup>) у схемі водопідготовки повинні передбачатися мікрофільтри.

При наявності у вихідній воді заліза у кількостях, що перевищують допустимі вимоги (понад 3 мг/дм<sup>3</sup>), його видаляють з подальшим просвітленням і знебарвлюванням.

Методика попередньої підготовки води і розрахунки споруд повинні виконуватись відповідно до СНиП 2.04.02.

Остаточний вибір методу попередньої підготовки води уточнюється у процесі розробки проекту залежно від конкретних умов об'єкта і техніко-економічного аналізу альтернативних варіантів.

У випадках, коли за місцевими умовами можна періодично припиняти подачу води на інфільтраційні споруди, у період короткочасного погіршення якості води (підвищення каламутності, кольоровості, розвитку планктону, погіршення інших показників) необхідно вивчити можливість спрощення конструкції споруд попередньої підготовки води або їх вилучення з комплексу, що проектується.

8.3.3 Необхідність обробки води, одержаної при ШППВ, обумовлюється якістю цієї води – кількістю вміщених у ній розчинних речовин (заліза, фтору, солі та ін.). Вибір методу подальшої обробки виконується згідно з п.7 ВБН 46/33-2.5-5.

Установки для знезараження води перед подачею її споживачам передбачаються в усіх випадках застосування ШППВ у системах водопостачання. Спосіб і режим знезараження вибираються згідно з пп.7.139–7.162 ВБН 46/33-2.5-5 і умовами експлуатації водозабору.

У випадку різкого погіршення якості води у джерелі поповнення (заплав, викиди промислових стоків, різке збільшення каламутності, кольоровості, поява присмаків і запахів, погіршення бактеріологічних показників) необхідно припинити подачу води на поповнення.

Контроль якості вихідної води у джерелі поповнення, а також штучно створених підземних вод повинен здійснюватись на основі вимог ГОСТ 2874.

8.3.4 Підземні води, створені системами ШППВ, які використовуються для зрошення земель, повинні відповідати критеріям, визначеним відомчим нормативним документом ВДН 33-5.5.

## **9 САНІТАРНА ОХОРОНА СИСТЕМ ШППВ**

9.1 Відповідно до діючого законодавства, державних і відомчих нормативів при проектуванні об'єктів водопостачання передбачається охорона поверхневих і підземних вод від забруднень. Виходячи з цього, у проектах ШППВ необхідно передбачати зони санітарної охорони (ЗСО), які включають три пояси: перший – зона суворого режиму, другий і третій – зона обмежень і спостережень.

9.2 Зони санітарної охорони систем поповнення і підземних водосховищ повинні забезпечити охорону від забруднень відкритих водойм, які використовуються як джерело поповнення підземних вод, водоносних горизонтів, підземних водозаборів, інфільтра-

ційних споруд, а також зв'язаних з ними водоводів, насосних станцій, установок для обробки води.

9.3 Межі поясів зон санітарної охорони відкритих водоймищ, які використовуються як джерело поповнення, і споруд системи ШППВ визначаються проектом землеустрою відповідно до вказівок СНиП 2.04.02, а також відомчою інструкцією Міністерства охорони здоров'я УРСР "Гигиенические рекомендации по пополнению запасов подземных вод на территории Украинской ССР водой поверхностных водоемов" і Постановою Кабінету Міністрів України "Про правовий режим зон санітарної охорони водних об'єктів" № 2024 від 18.12.1983 р.

9.4 Для поповнення запасів підземних вод у системах питного водопостачання можуть використовуватись джерела, вода яких відповідає ГОСТ 2761.

9.5 ШППВ для водопостачання закритих системах через свердловини, колодязі тощо може застосовуватися тільки за умови використання води, яка за якістю відповідає вимогам ГОСТ 2874.

9.6 При використанні річок, водоймищ, каналів як джерел поповнення перший пояс зони санітарної охорони встановлюється біля кожного місця забирання води. Межа першого поясу зони вверх за течією розміщується на 200 м від водозабору, а вниз за течією – на відстані 100 м. Біля прилеглого берега межа повинна проходити за 100 м від лінії урізу води при осінньо-літній межені, з боку водойми до зони включається акваторія завширшки 100 м. Якщо ширина водойми менше 100 м, то до першого поясу включається смуга на протилежному березі завширшки не менше 100 м.

Для водойм (водосховища, озера) межа першого поясу встановлюється на акваторії в усіх напрямках не менше 100 м, по прилеглому до водозабору берегу – не менше 100 м від урізу води при нормальному підпірному рівні у водосховищі та літньо-осінній межені в озері.

9.7 Межі другого поясу водотоку слід встановлювати:

- \* уверх за течією, включаючи притоки, – не виходячи з усередненої швидкості води і часу протікання води не менше 5 діб від межі поясу до водозабору при середньомісячному дебіті води в літньо-осінню межень;
- \* вниз за течією – не менше 250 м;
- \* бічні межі – на відстані 500 м від урізу води у межень при рівнинному рельєфі, при гірському рельєфі – до вершини першого схилу, але не більше 750 м при пологішому схилі та 1000 м при крутому схилі.

9.8 Межі другого поясу зони санітарної охорони водойм необхідно визначати від водозабору по акваторії в усіх напрямках на відстані 3 км при кількості вітрів до 10% в бік водозабору, і 5 км – при кількості вітрів понад 10%; бічні межі від урізу води нормального рівня води у водосховищі і літньо-осінній межені в озері – відповідно до 8.7.

9.9. При використанні каналів як джерела ШППВ, що розміщуються вище поверхні і до них не стікають поверхневі води, межа другого поясу повинна проходити на відстані 50 м від

урізу води на обох берегах. На ділянках, де канал проходить у виїмці і до неї можуть потрапити поверхневі води, межа другого поясу визначається по вододілу з обох боків каналу.

9.10 При забиранні води з водоймищ і каналів та подаванні її відкритим водотоком у систему ШППВ зона санітарної охорони вздовж водотоку визначається у межах 20 м з обох боків. Якщо забирання води з водоймища і каналу передбачається трубопроводом, зона санітарної охорони вздовж останнього визначається по 10 м по обидва боки від трубопроводу.

9.11 Зона санітарної охорони основних споруд системи ШППВ передбачається з двох поясів. Розміри поясів ЗСО визначаються санітарно-топографічними та гідрогеологічними умовами місцевості, де розміщуються площадки під споруди.

9.12 У першому поясі розміщуються всі основні споруди для подавання води у підземні горизонти, її обробки і знезараження, водозабори. Розміри першого поясу залежать від розміщення основних споруд системи, а межа першого поясу проходить на відстані 50 м від споруд системи поповнення.

При розміщенні споруд системи поповнення перший пояс ЗСО передбачається для кожної з них.

9.13 Для окремих споруд, таких як насосні станції, якщо вони розміщені за межами площадки, ЗСО передбачається з першого поясу, межа якого приймається по 10 м від споруди з усіх боків.

9.14 Санітарно-гігієнічні заходи у першому і другому поясах зони санітарної охорони системи ШППВ полягають у тому, що на території першого поясу забороняються всі види будівництва, розміщення житлових і господарсько-побутових будівель, а також споруд, які не мають відношення до експлуатації системи ШППВ.

9.15 Забороняється проживання людей, випуск стічних вод, купання, водопій і випасання худоби, прання білизни, виловлювання риби, застосування отрутохімікатів і різних добрив. Службові приміщення повинні бути каналізовані. Якщо відсутня каналізація, вбиральні повинні обладнуватися водонепроникними вигребами і розміщуватись у місцях, що виключають забруднення території першого поясу при вивезенні нечистот. Територія першого поясу повинна бути спланована. Поверхневі води слід відводити за її межі. Територія першого поясу озеленяється, огорожується і охороняється.

9.16 У другому поясі ЗСО повинні бути виявлені та затампоновані (або відновлені) всі старі недіючі свердловини. Нові свердловини повинні влаштовуватись відповідно до чинного законодавства з обов'язковим узгодженням з місцевими органами санітарно-епідеміологічної служби.

9.17 Забороняється закачування в підземні водоносні горизонти, які використовуються для питного водопостачання, усіх видів вод, крім вод питної якості, а також складування на поверхні твердих відходів і розробка надр землі з порушенням захисного шару над водоносним горизонтом.

9.18 В населених пунктах, громадських приміщеннях, тваринницьких фермах та інших будівлях у II поясі ЗСО необхідно передбачити благоустрій території, каналізування, створення водонепроникних вигребів і підлог у тваринницьких дворах.

9.19 Розміщувати землеробські поля зрошення, тваринницькі комплекси, стійбища і місця випасання худоби у другому поясі площадок, відведених під споруди ШППВ, забороняється.

9.20 У другому поясі ЗСО системи ШППВ необхідно вилучити об'єкти, які забруднюють джерело поповнення, склавши конкретні плани реалізації таких заходів та узгодивши їх з органами санепідслужби.

9.21 Забороняється у II поясі ЗСО використання органічних і мінеральних добрив безпосередньо в каналах, засобів для боротьби з водною рослинністю, годівлі риби, а також розпилювання з літака отруйних хімікатів у 200-метровій смузі зони санітарної охорони.

9.22 Забороняється розміщення у 200-метровій зоні санітарної охорони на обох берегах каналів пасовищ і випасання худоби. Розміщення тваринницьких комплексів і полів зрошення дозволяється не ближче 500 м від каналу.

9.23 Виловлювання риби в каналах організованим шляхом провадиться за узгодженням місць вилову сіток з місцевою санітарною службою.

9.24 Використання каналів у межах II поясу ЗСО для купання, водного спорту допускається у спеціально відведених місцях і лише у разі забезпечення спеціального санітарного режиму, узгодженого з органами санітарно-епідеміологічної служби.

9.25 Зазначені вище заходи, а також інші, визнані необхідними для забезпечення стійкого і сприятливого санітарного стану водного джерела і стабільної якості води у ньому з урахуванням санітарно-топографічних, гідробіологічних, гідрогеологічних умов, повинні включатися до проекту ЗСО.

9.26 Забороняється будівництво відкритих водотоків і трубопроводів для подачі води від джерела поповнення та інфільтраційні споруди на території звалищ, полів асепізації, полів фільтрації, полів зрошення, цвинтарів, скотомогильників, тваринницьких ферм, промислових підприємств.

Вбиральні, помийні ями, гноєсховища, сміттєзбірники, розміщені ближче 20 м від ближнього водоводу, повинні переноситися в інше місце. Забруднені ґрунти підлягають вилову і перенесенню в інші місця, вказані санітарною службою. Очисні ями підлягають дезінфекції та засипаються чистим ґрунтом.

## **10 ПРИРОДООХОРОННІ ЗАХОДИ**

10.1 До завдання природоохоронних заходів входить регулювання відносин у галузі використання і відновлення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, відвернення і ліквідація негативного впливу господарської діяльності на навколишнє природне середовище, збереження і відновлення природних ресурсів.

10.2 Заходи щодо використання, відтворення та контролю водних ресурсів повинні здійснюватися відповідно до Водного кодексу України, згідно з яким проведення єдиної



науково-технічної політики стосовно водних ресурсів покладено на Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, розробка програм використання та відтворення водних ресурсів – на Державний комітет України по водному господарству, погодження питань використання та відтворення ресурсів підземних вод – на Державний комітет природних ресурсів України.

Програма робіт, зміст та обсяг заходів щодо охорони довкілля у зв'язку з проектуванням систем ШППВ повинні визначатися у кожному конкретному випадку залежно від водогосподарських, геологічних, гідрогеологічних, гідрологічних, санітарно-гігієнічних та інших умов.

10.3 Проектування систем ШППВ повинно здійснюватись з дотриманням таких екологічних вимог:

- розробка заходів щодо створення і відновлення водних ресурсів;
- виконання заходів для усунення забруднень, для запобігання вичерпанню водних ресурсів та антропогенному негативному впливу на стан навколишнього природного середовища;
- впровадження прогресивних технологій для поліпшення якості водних ресурсів;
- збереження земельного фонду при будівництві водогосподарських об'єктів.

10.4 На передпроектних стадіях вивчення проблеми створення систем ШППВ на значних територіях для визначення екологічно орієнтованих заходів, запобігання і ліквідації негативного впливу господарської діяльності на довкілля, збереження і збільшення природно-ресурсного потенціалу необхідно виконати роботи, пов'язані зі збором, аналізом і узагальненням фондових матеріалів і літературних джерел: державного водного кадастру, геологічних і гідрогеологічних звітів, звітів стосовно оцінки запасів підземних вод, інформації про водопостачання і водовідведення, звітів про режим підземних і поверхневих вод. Виконується оцінка природних, експлуатаційних запасів і прогнозних ресурсів підземних вод. Особлива увага при цьому приділяється водам зони активного водообміну та їх мінералізації. Проводиться обстеження вибраної території з вивченням санітарно-гігієнічного стану.

10.5 Охорона підземних вод передбачає:

- суворе дотримання законодавчих актів з охорони природи і вод (поверхневих і підземних);
- здійснення технічних і технологічних заходів, спрямованих на зменшення кількості промислових і сільськогосподарських відходів у зоні впливу на формування якості підземних вод, розробку ефективних методів очищення і знезараження відходів, запобігання потраплянню стічних вод у підземні горизонти, зменшення промислових викидів у атмосферу і поверхневі води, рекультивація забруднених ґрунтів;
- дотримання вимог щодо порядку проведення розвідки підземних вод, проектування, будівництва та експлуатації водозабірних споруд;
- здійснення власне водоохоронних заходів.

Крім виконання обов'язкових законодавчих положень, загальних технічних і технологічних заходів, спрямованих як на охорону підземних вод, так і природного середовища в цілому, повинні здійснюватися водоохоронні профілактичні та спеціальні заходи, спрямовані на захист підземних вод:

- профілактичні заходи, до яких належить систематичний контроль за рівнем підземних вод, оцінка прогнозів можливих забруднень, ретельне обґрунтування проєктованих об'єктів для того, щоб їх негативний вплив був мінімальним, обладнання і витримування зон санітарної охорони в системи ШППВ, виявлення і врахування фактичних і потенційних джерел забруднення підземних вод, ліквідація непрацюючих свердловин, створення спеціалізованої мережі спостережних свердловин для контролю за станом підземних вод, розробка прогнозів якості підземних вод у зоні впливу системи поповнення і прилеглої території;

- спеціальні захисні заходи включають ліквідацію області забруднень підземних вод шляхом відкачування забруднених підземних вод, недопущення подальшого розповсюдження забруднень по водоносному горизонту, створення гідравлічного вододілу в плані між зоною забруднених вод і чистими водами, що експлуатуються, створення непроникних екранів у водоносному горизонті навколо зони забруднень.

10.6 Для охорони підземних вод першорядне значення повинні мати профілактичні заходи, завданням яких є відвернення або зведення забруднень до мінімуму. До цих заходів, у першу чергу, з погляду охорони підземних вод належить розміщення об'єкта і створення мережі спостережних свердловин, групових і одиночних водозаборів, шахтних колодязів, виявлення та обстеження потенціальних джерел забруднення підземних вод. Особлива увага приділяється незатампованим водозабірним свердловинам, складам мінеральних добрив і пестицидів, тваринницьким фермам, птахофабрикам, полям зрошення, місцям розвідки корисних копалин, звалищам побутових відходів, місцям поховання радіоактивних відходів, очисним спорудам стічних вод тощо.

Після аналізу і систематизації зібраних вихідних даних повинні бути складені карти, які характеризують гідрогеологічні умови території, умови формування і руху ґрунтових і напірних вод, умови їх захищеності та експлуатації, екологічний стан ґрунтових вод і першого від поверхні безнапірного водоносного горизонту.

Визначаються часові інтервали, коли екологічний стан підземних вод був найбільш критичним. Аналіз цих даних дозволяє на території, що вивчається, виділити ділянки з різним станом якості підземних вод, на цій підставі розробляються заходи, спрямовані на раціональне використання і охорону природних і штучно створених підземних вод.

10.7 При виборі ділянок під ШППВ необхідно проводити спеціальні санітарні обстеження за участю представників місцевої санітарно-епідеміологічної станції. Обстеження включають візуальне виявлення всіх джерел і осередків можливого забруднення підземних вод.

10.8 Для обґрунтування заходів щодо захисту підземних вод від забруднення за узгодженням з місцевою санітарно-епідеміологічною станцією у разі потреби слід провадити спе-

ціальні фізико-хімічні дослідження води і ґрунтів. Склад, обсяги та методика робіт у кожному конкретному випадку залежать від характеру забруднення і завдання, яке вирішується.

10.9 Критерії оцінки впливу систем ШППВ на стан навколишнього середовища та їх взаємозв'язок наведено в ГОСТ 17.1.3.06, ГОСТ 17.1.3.11, ГОСТ 17.1.3.04.

10.10 Охорона підземних вод від забруднення в умовах тривалої їх експлуатації на водозаборах у системі ШППВ включає такі основні розділи:

- гідрогеологічне обґрунтування і організація зон санітарної охорони на ділянках діючих і проектованих водозаборів;
- гідрогеологічні основи охорони джерел ШППВ від можливого забруднення;
- комплекс досліджень щодо охорони якості штучно створених запасів підземних вод;
- розробка конкретних заходів для захисту підземних вод від забруднень;
- благоустрій території системи ШППВ.

10.11 Відповідно до СНиП 2.04.02 на кожному водозаборі у системі ШППВ повинні створюватися зони санітарної охорони.

Територія системи ШППВ повинна бути упорядкована і озеленена. Всі виїмки та відвали ґрунтів у межах будівельних площадок і по трасах водоводів повинні бути сплановані та рекультивовані. Рослинний шар ґрунтів у місцях виїмок повинен зрізуватися і використовуватися для рекультивації.

З метою збереження сільськогосподарських угідь інфільтраційні та інші споруди систем поповнення слід розміщувати, якщо можна, на непродуктивних землях.

10.12 Якість води на водозаборі та технологічна схема її підготовки значною мірою визначається якістю води в джерелі поповнення. З цих позицій слід виходити при визначенні потрібних заходів щодо охорони якості води у джерелі поповнення. При цьому необхідно враховувати зміну якості води за сезонами року.

При визначенні меж другого поясу санітарної охорони необхідно враховувати гідрологічний режим джерела поповнення.

При використанні як джерела поповнення поверхневих вод озер, водосховищ значно спрощуються умови організації другого поясу санітарної охорони.

10.13 При проектуванні систем ШППВ і визначенні природоохоронних заходів на різних стадіях розвідки і розробки проектною документацією необхідно керуватися переліком основних видів досліджень при проведенні гідрогеологічних робіт (таблиця 10.1).

10.14 До складу проекту (на стадії робочого проекту або робочої документації) слід включити розділ оцінки впливу запроєктованого об'єкта на навколишнє середовище.

10.15 Проект в обов'язковому порядку повинен проходити експертизу і погоджуватися територіальними органами Міністерства охорони навколишнього природного середовища та Державного комітету природних ресурсів України.

Таблиця 10.1 – Основні види дослідних робіт для охорони якості підземних вод при ШППВ і використанні їх для господарсько-питного водопостачання

Основні види робіт	Призначення робіт	Стислий перелік основних робіт
I. Період розвідки		
1. Комплексні дослідження (гідрологічні, гідрогеологічні, санітарно-гігієнічні)	Обґрунтування зон санітарної охорони водозабору і джерел ШППВ	1. Рекогносцирувальне обстеження району водозабору і джерела поповнення. 2. Буріння спостережних свердловин. 3. Комплексне якісне опробування підземних вод у свердловинах, колодязях, джерелах, річках.
2. Камеральна обробка матеріалів комплексних досліджень	Оцінка умов організації зон санітарної охорони	1. Узагальнення і аналіз зібраних матеріалів. 2. Аналітична оцінка зони "захоплення" водозабору. 3. Рекомендації щодо проекту організації зон санітарної охорони на системі ШППВ.
3. Стаціонарні спостереження за режимом підземних вод і джерела поповнення	Вивчення гідродинамічного режиму і якості підземних вод	1. Стаціонарні спостереження за режимом підземних вод і джерелом поповнення. 2. Камеральна обробка матеріалів. 3. Рекомендації щодо охорони якості підземних вод.
II. Період експлуатації підземних вод		
1. Комплекс стаціонарних спостережень за режимом підземних вод і джерелом поповнення	Обґрунтування заходів щодо охорони якості підземних вод при їх експлуатації	1. Стаціонарні спостереження за режимом рівня, температурою, хімічним, санітарно-бактеріологічним складом підземних вод. 2. Буріння додаткових спостережних свердловин. 3. Камеральна обробка матеріалів з метою узагальнення і аналізу даних про режим підземних вод.
2. Комплексне рекогносцирувальне обстеження	Контроль умов охорони підземних вод і джерела поповнення	1. Рекогносцирування зони водозабору ШППВ. 2. Контрольні якісні опробування підземних і поверхневих вод. 3. Камеральна обробка матеріалів, розробка чергової карти за умовами охорони підземних вод. 4. Розробка додаткових заходів щодо охорони якості підземних вод і джерел поповнення.

## **Додаток А** (обов'язковий)

### **Терміни та визначення**

**Аерація** – штучне насичення води повітрям для окислювання органічних речовин. Застосовується для очищення питної та стічної води.

**Бараж** – перекриття і затримання поверхневого або підземного водного потоку.

**Вичерпання вод** – зменшення величини поверхневого стоку або скорочення запасів підземних вод нижче межі, за якою природним шляхом вони не можуть відновитися.

**Водогосподарський баланс** – співвідношення між наявними для використання водними ресурсами на даній території і потребами в них для розвитку економіки на різних рівнях.

**Водні ресурси** – запаси поверхневих і підземних вод відповідної території, придатні для господарського використання.

**Водозабір** – 1) забирання води з водойми, водотоку або підземного джерела; 2) гідротехнічна споруда або пристрій для забирання води з водного об'єкта.

**Водокористування** – використання вод (водних об'єктів) для задоволення потреб населення і галузей економіки.

**Водонепрохідні породи** – породи, що не пропускають і утримують воду.

**Водоносний горизонт** – однорідна пластова товща гірських порід, де постійно перебувають води.

**Водосховище** – штучна водойма місткістю понад 1 млн.м<sup>3</sup>, збудована для створення запасу води та регулювання стоку.

**Експлуатаційні запаси підземних вод** – частина природних запасів підземних вод, яка може бути видобута з водоносних горизонтів найбільш економічними в технічному відношенні водозабірними спорудами при заданому режимі експлуатації і при якості води, що задовольняє вимогам споживача впродовж всього розрахункового терміну водоспоживання.

**Забруднення вод** – несприятливі зміни складу і властивостей води водного об'єкта внаслідок надходження до нього забруднюючих речовин.

**Заплава річки** – частина долини річки, складеної наносами, яка періодично затоплюється водою під час повеней та паводків.

**Зона санітарної охорони** – територія і акваторія, де запроваджується особливий санітарно-епідеміологічний режим для запобігання погіршенню якості води джерел централізованого господарсько-питного водопостачання, а також з метою забезпечення охорони водопровідних споруд.

**Кольматація** – штучне або природне заповнення пор ґрунтів і фільтрів або відкладення на їх поверхні дрібних частинок і хімічних сполук, що вносяться водою в процесі її фільтрації. К. зменшує водопроникність ґрунтів і фільтрів.

**Мулофільтр** – замулена верхня частина штучного або природного фільтра (пісок, піщано-гравійні суміші тощо) інфільтраційних споруд, що формується внаслідок колюментації органічних і мінеральних частинок води, яка фільтрується.

**Нормативний документ** – документ, який містить правила, загальні принципи, характеристики, що стосуються зазначених видів діяльності або їх результатів.

**Озеро** – природна западина суші, заповнена водою.

**ПАР** – поверхнево-активні речовини.

**Підземні води** – води, що перебувають нижче рівня земної поверхні в товщах гірських порід верхньої частини земної кори в усіх фізичних станах.

**Поверхневі води** – води різних об'єктів, що перебувають на земній поверхні.

**Прогнозні ресурси підземних вод** – оцінені за даними геологічного вивчення надр об'єми підземних вод, що характеризують потенційні можливості їх видобутку з надр на відповідній території.

**Самоочищення** – процес руйнування забруднюючих речовин в середовищі внаслідок природних фізичних, хімічних та біологічних процесів.

**Санітарний дебіт річки** – витрата річки, що забезпечує в ній заданий екологічний режим.

**Сира вода** – вода, яка забирається з джерела поповнення.

**Ставок** – штучно створена водойма місткістю не більше 1 млн.м<sup>3</sup>.

**Схема використання і охорони вод** – передпроектний документ, що визначає основні водогосподарські та інші заходи, які потрібно здійснити для задоволення потреб у воді водоспоживачів, а також для охорони вод.

**Якість води** – характеристика складу і властивостей води, яка визначає її придатність для конкретних потреб використання.

**Додаток Б**  
(обов'язковий)

**Основні літерні позначення**

$ГВ$	—	горизонт ґрунтових вод;
$НГВ$	—	нормальний горизонт води;
$Min ГВ$	—	мінімальний горизонт води;
$Q_3$	—	задана продуктивність постійно працюючого водозабору;
$Q_n$	—	природні запаси підземних вод;
$Q_{ш}$	—	запаси підземних вод, що формуються у водоносному горизонті під впливом штучних джерел живлення;
$C_{роз}$	—	розрахунковий показник якості води в джерелі поповнення;
$C_c$	—	середнє значення показника якості води в джерелі поповнення;
$C_{макс}$	—	максимальне значення показника якості води в джерелі поповнення;
$t_{роз}$	—	розрахунковий час подачі води на інфільтраційні споруди;
$t_c$	—	час спорожнення басейну;
$t_o$	—	час очищення басейну;
$t_{пер}$	—	перерва в подачі води в басейні;
$ГДК$	—	гранично допустимі концентрації;
$ПАР$	—	поверхнево-активні речовини;
$ДДТ$	—	дихлордифенілтрихлорметилметан;
$C^o$	—	температура води в градусах;
$M$	—	каламутність води;
$\varphi$	—	мулове навантаження;
$d_{эф}$	—	ефективний діаметр матеріалу фільтра;
$v_{сер}$	—	середня добова швидкість інфільтрації води;
$\Delta C$	—	ступінь очищення води на спорудах попередньої підготовки;
$C_T$	—	допустиме значення показника для води, яка подається на інфільтраційні споруди;
$\eta$	—	коефіцієнт корисної дії системи ШППВ, ПВ;
$Q_n$	—	об'єм води, поданий у водоносний горизонт при поповненні;
$Q$	—	кількість води, поданої водоспоживачу;
$F$	—	площа інфільтрації системи поповнення;
$Q_{\delta}$	—	добова середньорічна подача води на інфільтрацію в системі ШППВ;
$Q_o$	—	добова продуктивність водозабору;
$W_o$	—	річна продуктивність системи ШППВ, ПВ;
$T$	—	кількість днів роботи системи ШППВ, ПВ протягом року;

- $Q_{\text{с}}$  — добові безповоротні витрати води;  
 $H_{\text{д}}$  — висота дамб басейнів;  
 $H_{\text{с}}$  — розрахункова глибина води в басейні;  
 $h_H$  — величина нахату хвиль на укіс дамб басейну;  
 $\Delta h$  — перевищення гребеня дамби над накатом хвилі;  
 $h_K$  — глибина виїмки в басейні;  
 $R$  — радіус впливу експлуатаційних свердловин;  
 $\alpha$  — коефіцієнт рівнепровідності;  
 $t$  — час роботи системи.



## **Додаток В**

(обов'язковий)

### **Перелік нормативних документів, на які є посилання у посібнику**

- ДБН А.2.2-3-97 Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва;
- ДБН А.2.2-1-95 Проектування. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектування та будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування;
- СНиП 2.04.02-84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения;
- СНиП 2.06.01-86 Гидротехнические сооружения. Основные положения проектирования;
- СНиП 2.06.04-82 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов);
- СНиП 2.06.05-84 Плотины из грунтовых материалов;
- СНиП 3.07.01-85 Гидротехнические сооружения речные;
- СНиП 1.02.07-87 Инженерные изыскания для строительства;
- ГОСТ 17.1.3.06-82 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод;
- ГОСТ 17.1.3.11-84 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования охраны поверхностных и подземных вод от загрязнения минеральными удобрениями;
- ГОСТ 17.1.3.04-82 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами;
- ГОСТ 2874-82 Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством;
- ГОСТ 2761-84 Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора;
- ВБН 46/33-2.5-5-96 Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми проектування;
- ВНД 33-5.5-97 Якість води для зрошення, екологічні критерії;
- ВТЕН 33.5.1-01-99 Інструкція щодо розробки та визначення вартості схем комплексного використання і охорони водних ресурсів;
- Інструкція із застосування класифікації і ресурсів корисних копалин Державного фонду надр до родовищ питних і технічних підземних вод. ДКЗ України, Київ, 2000;
- Водний кодекс України.

## ЗМІСТ

С.

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ .....	1
1.1 Призначення, суть методу штучного поповнення підземних вод (ШППВ) і умови його застосування .....	1
1.2 Принципові схеми ШППВ .....	2
1.3 Склад споруд в системах ШППВ .....	8
1.4 Основні завдання проектування .....	9
1.5 Стадії проектування .....	10
1.6 Порядок розробки та погодження проектної документації .....	11
2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ШППВ .....	12
2.1 Основні положення методики проектування .....	12
2.2 Вибір і обґрунтування технічної схеми ШППВ .....	14
3 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВІДКРИТИХ ІНФІЛЬТРАЦІЙНИХ СПОРУД В СИСТЕМАХ ШППВ .....	16
3.1 Типи та конструкція інфільтраційних басейнів .....	16
3.2 Режим роботи інфільтраційних басейнів .....	22
3.3 Визначення продуктивності басейнів .....	24
3.4 Спрощені інфільтраційні системи ШППВ .....	27
4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗАКРИТИХ СИСТЕМ ШППВ .....	29
4.1 Умови застосування закритих систем .....	29
4.2 Схеми закритих систем, особливості конструкції вбирних свердловин, розрахунки їх дебіту .....	31
5 РОЗРАХУНОК ВОДОЗАБОРІВ В УМОВАХ ШППВ .....	33
6 ДЖЕРЕЛА ПОПОВНЕННЯ І ВОДОГОСПОДАРСЬКЕ ОБҐРУНТУВАННЯ .....	36
6.1 Джерела поповнення .....	36
6.2 Водогосподарське обґрунтування .....	40
7 ГІДРОГЕОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ .....	41
7.1 Загальні положення .....	41
7.2 Гідрогеологічне обґрунтування .....	43
7.3 Досвід геолого-гідрогеологічного районування Рівнинного Криму за умовами створення підземних водосховищ .....	49
8 ПРОГНОЗ ЯКОСТІ ВОДИ В СИСТЕМАХ ШППВ .....	50
8.1 Загальні вимоги до якості води .....	50
8.2 Розрахункові показники якості води поверхневих джерел .....	51
8.3 Методи і схеми підготовки води поверхневих джерел .....	54
9 САНІТАРНА ОХОРОНА СИСТЕМ ШППВ .....	57
10 ПРИРОДООХОРОННІ ЗАХОДИ .....	60
Додаток А Терміни та визначення .....	65
Додаток Б Основні літерні позначення .....	67
Додаток В Перелік нормативних документів, на які є посилання у посібнику .....	69